

Analýza výrobního prostředí ve vybrané firmě s uplatněním poznatků průmyslu 4.0

Markéta Pěrková

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta Pěrková**
Osobní číslo: **M15249**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Řízení výroby a kvality**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Analýza výrobního prostředí ve vybrané firmě s uplatněním poznatků průmyslu 4.0**

Zásady pro vypracování:

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

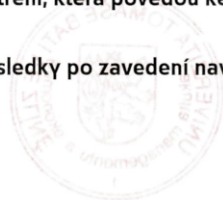
I. Teoretická část

- Zpracujte dostupnou literaturu vztahující se k průmyslu 4.0 a metodám průmyslového inženýrství.

II. Praktická část

- Zpracujte analýzu vybraného výrobního procesu.
- Navrhněte opatření, která povedou ke zlepšení analyzovaného výrobního procesu.
- Vyhodnoťte výsledky po zavedení navržených doporučení.

Závěr



Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BARTODZIEJ, Christoph Jan. The concept industry 4.0: an empirical analysis of technologies and applications in production logistics. Wiesbaden: Springer Gabler, 2017, 150 s. ISBN 978-3-658-16501-7.

KOŠTURIAK, Ján. Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků. Brno: Computer Press, 2010, 234 s. ISBN 978-80-251-2349-2.

KOŠTURIAK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 80-86851-38-9.

MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016, 262 s. ISBN 978-80-7261-440-0.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje. Průhonice: Professional Publishing, 2017, 200 s. ISBN 978-80-906594-4-5.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Pivnička, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
Datum zadání bakalářské práce: **15. prosince 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2018**

Ve Zlíně dne 15. prosince 2017



doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Felicity Chromjaková, Ph.D.
ředitel ústavu

**PROHLÁŠENÍ AUTORA
BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s přípoště-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použítou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 11.5.2018

Jméno a příjmení: MARKÉTA PĚRKOVA


.....

podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na analýzu výrobního prostředí ve vybrané firmě s využitím poznatků průmyslu 4.0. Práce je rozdělena na dvě části, a to na teoretickou a praktickou.

V teoretické části je zpracována dostupná literatura týkající se nové průmyslové revoluce, tedy Průmyslu 4.0. Dále se zabývá průmyslovým inženýrstvím a vybranými metodami, které pod něj spadají.

Praktická část obsahuje popis výrobní společnosti, podrobnou analýzu výrobního procesu, a simulaci výroby v programu Plant Simulation. Poté jsou v ní uvedeny možná opatření, která povedou k odstranění nedostatků v rámci výrobního procesu. V závěru práce je zpracována opět simulace výroby, která zohledňuje optimalizovaný stav výrobního procesu.

Klíčová slova: Výrobní proces, Průmysl 4.0, Štíhlá výroba, Layout, Procesní analýza, Simulace

ABSTRACT

The bachelor thesis focuses on the analysis of the production environment in a selected company using the knowledge of the Industry 4.0. The thesis is divided into two parts: theoretical and practical.

The theoretical part examines the available literature on the new industrial revolution, as know as Industry 4.0. It also deals with industrial engineering and selected methods affiliated with it.

The practical part contains a description of the selected production company, a detailed analysis of the production process, and a production simulation in a program called Plant Simulation. Subsequently, it lists possible measures to eliminated deficiencies in the production process. Conclusively, the production analysis which takes into account the optimized state of the production process is yet again examined.

Keywords: Production Process, Industry 4.0, Lean Manufacturing, Layout, Process Analysis, Simulation

Touto formou bych chtěla velmi poděkovat panu Ing. Michalovi Pivníčkovi, Ph.D. za jeho ochotu a strávený čas při odborném vedení bakalářské práce. Mnoho si cením jeho užitečných rad, připomínek, a především si vážím jeho pomoci.

Dále bych chtěla poděkovat firmě, která mi umožnila bakalářskou práci u nich zpracovat. Jejich ochotu věnovat mi čas, poskytnout veškeré potřebné údaje a celkový přístup při spolupráci. Jsem vděčná všem zaměstnancům za milý a přátelský přístup při komunikaci. A především bych chtěla poděkovat vedoucímu výroby, který se mnou strávil nejvíce času a poskytl mi užitečné rady, které do budoucna v budoucnu využiji.

„Ať se zdá život jakkoliv těžký, vždy existuje něco, co můžete dělat a uspět v tom.“

Stephen Hawking

OBSAH

ÚVOD	9
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	11
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE	14
1.1 ETAPY PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE	14
1.1.1 První průmyslová revoluce	14
1.1.2 Druhá průmyslová revoluce	15
1.1.3 Třetí průmyslová revoluce	15
1.1.4 Čtvrtá průmyslová revoluce	16
2 PRŮMYSL 4.0	17
2.1 CHARAKTERISTIKA PRŮMYSLU 4.0.....	17
2.2 KLÍČOVÉ TECHNOLOGICKÉ KONCEPTY	19
2.2.1 Cyber physical systems	19
2.2.2 RFID technologie	20
2.2.3 Internet of Things, Services a People.....	21
2.2.4 Analýza velkých dat (Big Data).....	22
2.2.5 Cloud computing	23
2.2.6 Senzory.....	24
2.2.7 Automatizace.....	24
3 PRŮMYSL 4.0 VE SVĚTĚ	26
3.1 EVROPSKÝ KONTEXT	26
3.2 NĚMECKO.....	27
4 PRŮMYSL 4.0 V ČR	29
4.1 POŽADAVKY NA ZAVEDENÍ KONCEPTU PRŮMYSLU 4.0.....	30
4.1.1 Požadavky na aplikovaný výzkum v ČR	30
4.1.2 Bezpečnost systémů	31
4.1.3 Standardizace	32
4.2 DOPADY NA TRH PRÁCE.....	33
4.2.1 Vznik nových pracovních příležitostí	33
4.3 VZDĚLÁVÁNÍ.....	34
5 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ	36
5.1 ŠTÍHLÝ PODNIK	36
5.2 VYBRANÉ MODERNÍ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ.....	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
6 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI	41
6.1 VÝROBKY SPOLEČNOSTI.....	42
7 ANALÝZA SOUČASNÉHO VÝROBNÍHO PROCESU	43

7.1	POPIS VÝROBNÍHO PROCESU	43
7.2	LAYOUT	50
7.3	ŠPAGETOVÝ DIAGRAM.....	51
7.4	PROCESNÍ ANALÝZA	51
7.5	PLANT SIMULATION	53
8	PODROBNÁ ANALÝZA STROJE MCFV 1060 NT	58
8.1	CHARAKTERISTIKA STROJE.....	58
8.2	TECHNICKÁ DATA	59
9	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ.....	61
9.1	NOVÝ STROJ	61
9.1.1	Nabídky strojů	61
9.1.2	Odůvodnění výběru nejvhodnější alternativy	64
9.1.3	Zapojení nového stroje	65
9.1.4	Hodinová sazba stroje	66
10	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	68
11	DOBA NÁVRATNOSTI INVESTICE.....	72
	ZÁVĚR	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	76
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80
	SEZNAM TABULEK.....	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	83

ÚVOD

Nové průmyslové revoluci předcházely průmyslové revoluce jiné. Poněvadž v současné době mluvíme o čtvrté, je zřejmé, že lidstvo bylo ovlivněno dalšími třemi. Pro první průmyslovou revoluci, která probíhala na konci 18. století, byla typická vodní a parní energie. Byl vynalezen parní stroj, který umožnil mechanizaci práce. Na přelomu 18. a 19. století byla druhá, která je charakterizována elektrickou energií, spalovacími motory, ale i chemií. Jeden z typických symbolů této revoluce byla žárovka. V rámci třetí průmyslové revoluce se dostávají do popředí IT technologie, díky nimž byla možná automatizace výroby. Čtvrtá byla poprvé představena na německém veletrhu v Hannover Fair v roce 2011. O dva roky později, tedy v roce 2013, byl zveřejněn její první strategický dokument s popisem použitých technologií, a to na tomtéž veletrhu.

Čtvrtá průmyslová revoluce neboli Průmysl 4.0 v současné době hýbe světem. Přináší nejen revoluční změny ve výrobě a spotřebě, ale zásadně změní samotnou společnost, ať už v oblasti ekonomiky, trhu práce, tak i ve vzdělávání. Nový koncept je založen na myšlence propojení digitalizace a úplné automatizace s využitím nejmodernějších technologií. Základem je internet věcí a služeb, inteligentní zařízení, která mezi sebou komunikují prostřednictvím kyberneticko-fyzikálních systémů a jsou nezávislé na lidských zdrojích. Společnost je novým konceptem buď ohromena, nebo se příchodu nové průmyslové revoluce obává. Ovšem výrobní podniky chtějí jít s novými technologiemi, proto se průmyslem 4.0 zabývá spousta z nich. I malé podniky mají zájem o tento koncept a v rámci svých možností chtějí do své výroby implementovat jednotlivé technologické koncepty Průmyslu 4.0.

Dále se práce zabývá situací v České Republice a jejím postavením k novému konceptu. Jak všichni určitě ví, Česká republika má dlouhodobou tradici v průmyslu a naším cílem je, aby to tak zůstalo nadále. Z tohoto důvodu je naší snahou udržet krok s velkými průmyslově vyspělými státy, a proto je zapotřebí, abychom byli připraveni na příchod čtvrté průmyslové revoluce. Ministerstvo průmyslu a obchodu vypracovalo Iniciativu Průmysl 4.0. Vláda ČR tento dokument schválila na svém zasedání dne 24. srpna 2016, jehož cílem je připravit celou společnost na technologické změny, které jsou vyvolány nástupem čtvrté průmyslové revoluce. Stát se musí zaměřit na podporu investic, aplikovaného výzkumu a standardizace, ale i na otázky spojené s kybernetickou bezpečností, logistikou, legislativou, a především vzděláváním.

Teoretická část věnuje pozornost i metodám průmyslového inženýrství. Nejprve definuje, co je to průmyslové inženýrství, a poté charakterizuje vybrané metody, které pod něj spadají.

V praktické části je provedena analýza výrobního procesu ve vybrané společnosti. Cílem analýzy je nalezení hlavních nedostatků, posléze navržení vhodných opatření, která povedou ke zlepšení, tím pádem i ke zvýšení efektivity výrobního procesu.

K analýze procesu jsou zvoleny metody průmyslového inženýrství, jako jsou, procesní analýza, špagetový diagram, ale především je práce zaměřena na simulaci výroby v programu Plant Simulation.

Závěr praktické části je věnován návrhům na zlepšení, a následně i simulaci výroby po zavedení stanovených opatření.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cílem bakalářské práce byla analýza výrobního prostředí ve vybrané společnosti a následná identifikace nedostatků, které se ve výrobním procesu vyskytují a snižují tak jeho efektivitu. Pro zjištěné nedostatky navrhnout vhodná opatření, která povedou ke zvýšení produktivity, a tím pádem i konkurenceschopnosti společnosti.

Díličím cílem bylo zefektivnění výroby, dojít na takové řešení, díky němuž se průchodnost zakázek výrazně optimalizuje a zvýší se tak i počet vyrobených výrobků, nejlépe alespoň o 40 %. Postupně tedy přizpůsobit výrobní proces do budoucna a připravit jej na další možné zefektivnění. Použité metody:

- Sběr dat
 - V rámci sběru dat potřebných pro analýzu výrobního procesu byly využity informace z interního informačního systému, všechny podstatné a důležité informace byly konzultovány s vedoucími pracovníky, a to především s vedoucím výroby. Díky možnosti volného pohybu ve výrobním prostředí a přímým kontaktem s pracovníky ve výrobě, vznikla důkladná analýza současného stavu výrobního procesu, ke které byly použity některé z metod průmyslového inženýrství.
- Procesní analýza
 - Vyjádření posloupnosti jednotlivých činností výrobního procesu, umožňuje zpracovaná procesní analýza. Díky tomuto nástroji je zobrazen přehled o každé činnosti v rámci celého výrobního procesu. Odhaluje nedostatky, které mohou zapříčinit plýtvání.
- Špagetový diagram
 - Pohyby pracovníků s výrobkem jsou zaznamenány ve špagetovém diagramu. Týká se pouze pohybů při jednotlivých výrobních operacích, kdy dochází k transportu při předání výrobku na následující operaci. Umožňuje nám zhodnotit, zda dochází k plýtvání v rámci nadbytečného transportu.
- Simulace
 - Veškeré získané informace a údaje byly dále využity pro účely simulace. Tento nástroj nám umožňuje nastínit celý výrobní proces. Aby simulace mohla být spuštěna a opravdu přiblížila skutečnou výrobu, je zapotřebí mít přesná data

včetně technologických postupů, logika výrobního procesu musí být chápána správně. Jen tehdy je možné očekávat výsledek, který odpovídá realitě.

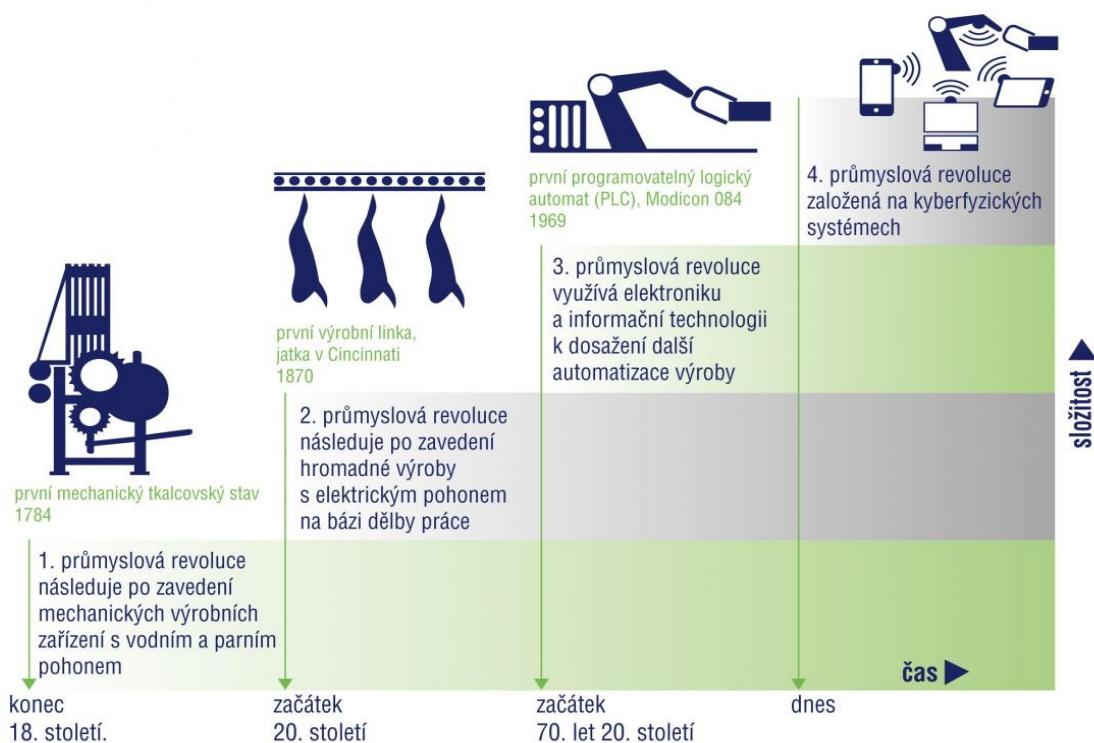
- Sankeyův digram
 - Pro zhodnocení materiálových toků byl použit Sankeyův diagram. Díky tomuto nástroji můžeme vidět délku a intenzitu materiálového toku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE

Průmyslová revoluce představuje dlouhodobý a složitý proces, se kterým souvisejí i hospodářské a sociální změny. První průmyslová revoluce započala již v 18. století, a to na Britských ostrovech, zejména v Anglii. Průmysl poznamenalo několik vývojových etap a každá z nich vyniká svými klíčovými objevy. Během průmyslových revolucí vznikla řada inovací, bez kterých si dnes běžný život nedokážeme představit. (Stellner, 2006, s. 35)

1.1 Etapy průmyslové revoluce



Obrázek 1 Vývojové etapy průmyslové revoluce (Report Industrie ACATECH, © 2013, s. 13)

1.1.1 První průmyslová revoluce

První průmyslová revoluce je označována jako technicko-vědecká, neboť právě objevy z těchto oblastí hrály významnou roli. Zemědělství, výroba, těžba a další hospodářské a průmyslové sektory se značně měnily. Je pro ni charakteristická změna způsobu dopravy, energetických zdrojů a přenosu informací. Během první průmyslové revoluce docházelo k zásadním změnám i ve společnosti, kultuře, dokonce i politice. První změny se začaly

projevovat ve Velké Británii a následně v západních zemích. (Člověk a stroj, 2017, s. 11, 13)

Počátek průmyslové revoluce byl v roce 1779. V hospodářství se začalo využívat mechanických zařízení, která poháněla vodní a parní energie. Velmi významný je rok 1765, neboť James Watt vynalezl parní stroj, který je považován za symbol průmyslové revoluce. Výrobě dominovala manufaktura, vzrůstala dělba práce a došlo i k rozvoji industrializace. (Člověk a stroj, 2017, s. 13)

1.1.2 Druhá průmyslová revoluce

O necelých sto let později začala druhá průmyslová revoluce, a to v roce 1870. Charakteristickým rysem je zejména elektrická energie, spalovací motory a chemie. Ovšem hlavním symbolem druhé průmyslové revoluce, obdobně jako byl parní stroj v první průmyslové revoluci, byla elektřina. Používala k osvětlení, pohonu strojů, automobilů, dokonce má zásluhu na vynalezení kinematografie. (Člověk a stroj, 2017, s. 13)

Průmyslová revoluce vyniká četnými vynálezy. V roce 1879 zabodoval se svým objevem Thomas Alva Edison, a to dodnes hojně využívanou žárovkou. Nicola Tesla sestavil konstrukci transformátoru, který i dnes napájí elektrické spotřebiče. I v České republice došlo k mnohým objevům, ovšem největší zásluhu připisujeme Františkovi Křižíkovi za konstrukci obloukové lampy. (Člověk a stroj, 2017, s. 14)

Nemůžeme ani opomenout, že během druhé průmyslové revoluce byl sestrojen první benzínový motor. V roce 1896 postavil Henry Ford první automobil, jeho dalším objevem byla pohyblivá montážní linka a pásová výroba. (Člověk a stroj, 2017, s. 14)

Chemický průmysl byl také obohacen četným počtem vynálezů, zejména umělým hedvábím, hnojivem, celofánem a zdokonalil se postup zpracování kaučuku. (Člověk a stroj, 2017, s. 14)

1.1.3 Třetí průmyslová revoluce

Třetí průmyslová revoluce byla nejkratší, trvala zhruba čtyřicet let. Její zrod je spojen s ne moc slavným obdobím v dějinách lidstva, a to koncem 2. světové války. Svržení atomových bomb na japonská města Hirošimu a Nagasaki v srpnu 1945 nastartovalo třetí průmyslovou revoluci. (Člověk a stroj, 2017, s. 14)

Typickým symbolem průmyslové revoluce byl počítač, který se začal využívat především v průmyslu, ale i v jiných odvětvích. V průběhu 70. let 20. století začala společnost Apple, ale i řada jiných společností, uvádět na trh první osmibitové osobní počítače. (Člověk a stroj, 2017, s. 15)

Milióny lidí dnes vlastní osobní počítače, téměř každý má přístup k internetovému připojení ať už to prostřednictvím počítačů či mobilních telefonů. Život bez těchto technologií si snad nikdo z nás už nedovede představit. (Člověk a stroj, 2017, s. 15)

1.1.4 Čtvrtá průmyslová revoluce

Dnes se nacházíme v období, kdy započala čtvrtá průmyslová revoluce neboli Průmysl 4.0. Tahle revoluce bývá často spjata s digitalizací a robotizací. Ovšem obsahuje daleko více technologických konceptů. K síti se nepřipojují už jen lidé, ale i stroje a věci dokáží pomocí Internetu komunikovat. Jsme ve věku, kdy se realita začíná prolínat s virtuálním světem. Avšak podrobnější informace o nové průmyslové revoluci se dozvíte v následujících kapitolách.

2 PRŮMYSL 4.0

Nová průmyslová revoluce, Průmysl 4.0 ... Tyto pojmy začínají hýbat světem. Současná potřeba komplexních řešení, která přesahují možnosti jednoho výrobního oboru nebo procesu, vyvolává změny a pohyby, jaké doposud neměly obdoby. Automatizace, robotizace, digitalizace ... Forma takových řešení, v nichž každý, byť sebemenší prvek má své místo a sám „umí“ fungovat soběstačně a ku prospěchu celku. To vše, a nejen to, je součástí „Průmyslu 4.0“ (...)

Ing. Jan Mládek, CSc.

(Mařík, 2016, s. 13)

2.1 Charakteristika průmyslu 4.0

Iniciativa Průmysl 4.0 je především o odpovědné podpoře změny způsobu myšlení celé společnosti než o konkrétních technologiích. (Mařík, 2016, s.19)

Čtvrtá průmyslová revoluce představuje zcela novou filozofii, přinášející celospolečenskou změnu a zasahuje do celé řady oblastí, od průmyslu, přes oblast technické standardizace, bezpečnosti, systému vzdělávání, právního rámce, vědy a výzkumu až po trh práce nebo sociální systém. Fenomémem dneška je propojování Internetu věcí, služeb a lidí a s ním související nesmírný objem generovaných dat, ať už komunikací stroj-stroj, člověk-stroj nebo člověk-člověk. (INICIATIVA PRŮMYSL 4.0, ©2016, s. 56)

Základem a předpokladem je digitalizace. Poradce podnikatelů Karl-Heinz Land použil v rakouském týdeníku OOW 19/2016 příznačnou větu: „*Co lze digitalizovat, budiž digitalizováno!*“ Je zapotřebí, aby si firmy pokládali otázku, zda je možné jejich produkt či službu digitalizovat. Rozhodující není, co chce podnik, ale co chce zákazník. Snaha přizpůsobit produkt potřebám uživatelů na základě nabídky nejnovějších technologických a technických poznatků za podmínek vysoké flexibility, využití automatizační techniky a oboustranně výhodné zapojení lidského činitele, respektive pomoci lidem ve stále složitější práci. (Tomek a Vávrová, 2017, s. 10-16)

Koncept průmyslu 4.0 je založen na hluboké průmyslové integraci prostřednictvím informačních systémů, technologií, a s ní spojeném zpracování dat v reálném či takřka reálném čase, sdílení informací a kontinuální komunikaci. Tato integrace má tři základní pilíře:

1. Vertikální integrace výrobních systémů

- provázání napříč hierarchickou a řídicí strukturou podniku. Rámecem vertikální integrace je primárně samotný výrobní podnik. V oblasti vertikální integrace se setkávají dvě klíčová znalostní odvětví řídicí techniky a automatizace s odvětvím vývoje informačních systémů. (Mařík, 2016, s. 44)

2. Horizontální integrace

- napříč dodavatelským řetězcem propojuje všechny články dodavatelsko-odběratelského hodnototvorného řetězce od dodavatelů přes výrobce až po distribuci koncovému zákazníkovi a následný servis. (Mařík, 2016, s. 44)

3. Integrace všech inženýrských procesů

- specifický příklad horizontální integrace. Jde o integraci všech inženýrských procesů v rámci celého životního cyklu produktu. (Mařík, 2016, s. 44)

Transformuje výrobu ze samostatných jednotek na plně integrovaná automatizovaná a průběžně optimalizovaná výrobní prostředí. Dochází ke vzniku nových globálních sítí založených na propojení výrobních zařízení do kyberneticko-fyzických systémů – CPS, a tyhle systémy jsou základem „inteligentních továren“. Právě tyhle továrny otevřou prostor pro nové kreativní cesty tvorby přidané hodnoty a vzniku nových obchodních modelů. Lidé v nich nebudou vykonávat fyzicky těžkou a rutinní práci, ale bude jim dán prostor pro kreativní práci. (Mařík, 2016, s. 26)

V takových továrnách budou vznikat „inteligentní produkty“, které budou jednoznačně identifikovatelné a lokalizovatelné, které budou znát nejen svou historii a aktuální stav, ale také alternativní cesty, jež vedou ke vzniku finálního produktu. (Mařík, 2016, s. 26).



Obrázek 2 Porovnání současné a budoucí výroby ve Smart Factory (Balga, ©2018)

2.2 Klíčové technologické koncepty

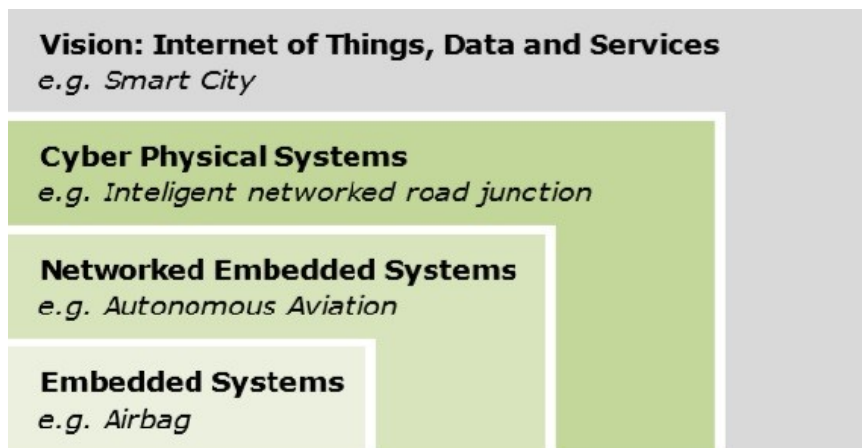
Představa o propojení dvou světů - světa reálných fyzických objektů a světa virtuálního, kde může být každá fyzická jednotka v té či oné podobě dostatečně virtuálně reprezentována, zastupována a její chování simulováno softwarovým modulem. (Mařík, 2016, s. 42)

2.2.1 Cyber physical systems

Jde o vysoce komplexní systém s vlastní decentralizovanou řídicí jednotkou. CPS je pro koncept Industry 4.0 klíčový, neboť jsou v něm zapojeny inteligentní objekty, které jsou propojeny do společné komunikační sítě pomocí internetu. CPS představuje srdce Smart factory, neboť propojuje stroje, pracovníky, chytré systémy a zároveň i výrobky do sítě. Tyhle objekty poté spolu komunikují a vzájemně spolupracují. (Člověk a stroj, 2017, s. 25)

CPS sblížuje reálný svět s virtuálním. Vzniká odraz reálné Smart factory, tzv. Digital factory, kde můžeme virtuálně sledovat, simulovat a zlepšovat výrobu. Neboť můžeme zaznamenat odchylky reálné výroby a ty okamžitě analyzovat a odstranit. (Člověk a stroj, 2017, s. 26)

Ke správné funkci CPS přispívá Embedded systems. Jde o vestavěné systémy, které jsou pomocí mikrokontroleru podmíněné ke správné činnosti. Pracují autonomně, neboť jsou schopny reagovat rychleji než člověk, pracují na několika úkolech současně, a to v reálném čase a bez chyb. Jedná se o propojení hardware a software. (Člověk a stroj, 2017, s. 25,26)



Obrázek 3 Zapojení Embedded systems v IoT, IoS a Big Data (Germany Trade and Invest – Industrie 4.0 Smart manufacturing for the future, ©2014, s. 8)

Geisberger a Broy (2015) popisují pět základních dimenzí CPS, které vycházejí z rostoucí otevřenosti, složitosti a inteligence:

- Sloučení fyzického a virtuálního světa
- Systémy systémů s dynamicky adaptivními hranicemi systému
- Kontextově adaptivní systémy s autonomními systémy; aktivní řízení v reálném čase
- Kooperativní systémy s distribuovaným a vyměnitelným řízením
- Rozsáhlou spoluprací lidských systémů (Bartodziej, 2017, s. 54)

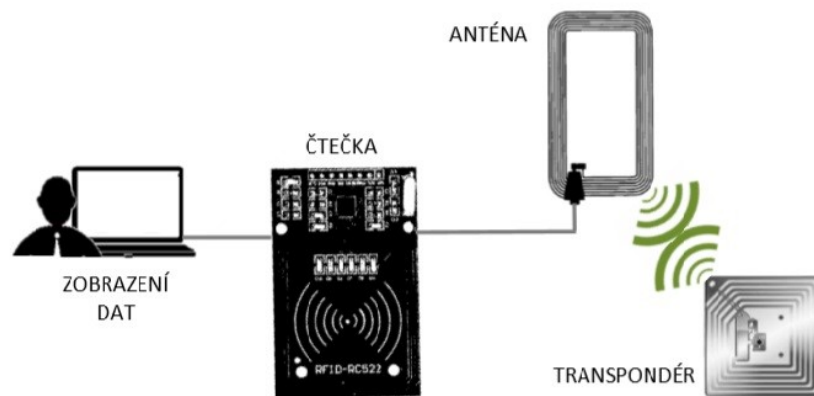
2.2.2 RFID technologie

Technologie, která se používá již od roku 1999. RFID využívá radiofrekvenčních vln k identifikaci objektů. Používá se ke zpracování dat, díky její rychlosti přenos dat probíhá okamžitě. Tato technologie nahradila klasické čárové kódy v mnoha odvětvích. Informace jsou uloženy do malých čipů, lze je zpětně načítat a opakovaně přepisovat. Jeho hlavní výhodou je hromadné čtení. (Člověk a stroj, 2017, s. 26,27)

	 Čárové kódy	 Rozpoznávání obrazu	 RFID čipy
Jedinečný ID kód	✓	✓	✓
Bez tisku		✓	
Vyměnitelný			✓
Paměť			✓
Oboustranná komunikace			✓
Senzory			✓

Obrázek 4 Porovnání technologií pro elektronický přenos informací (Hilger, TecNews – Technický bulletin společnosti HARTING, ©2015, s. 14)

RFID čip je zaváděn do polotovaru výrobku, jsou v něm zahrnuty veškeré informace o výrobku i jeho vlastnosti. V kombinaci s CPS dokáže výrobek komunikovat, shromažďovat data i řídit vlastní tok výrobou na online bázi. Ke komunikaci budou RFID technologii využívat nejen výrobky, ale také stroje, přepravní prostředky, zařízení či roboti. Každé zařízení, které je připojené do IoT má vlastní IP adresu a tím dochází k transparentnosti v celém řetězci. RFID technologie má tři základní prvky, a to: anténu, čtečku a transpondér. (Člověk a stroj, 2017, s. 28)



Obrázek 5 Schéma RFID technologie (SOMMEROVÁ, Základy RFID technologií, ©2009, s. 6)

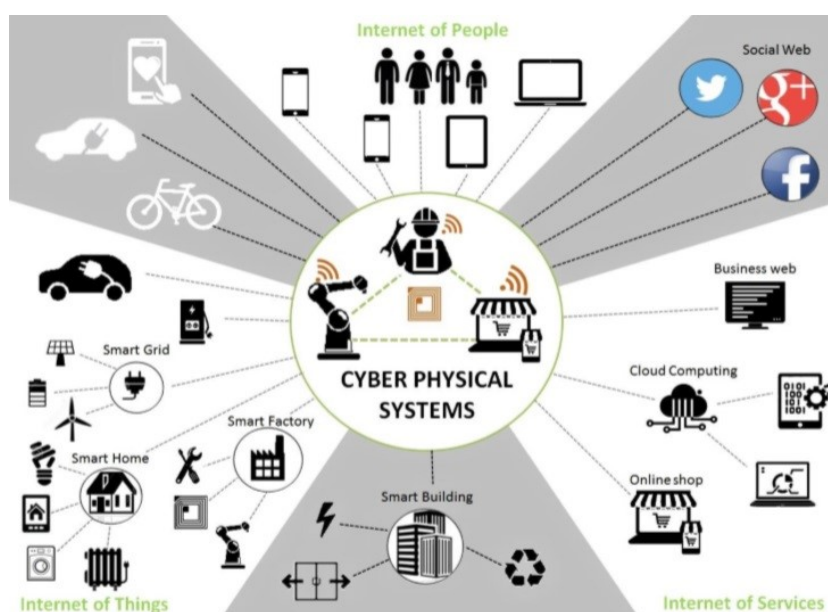
2.2.3 Internet of Things, Services a People

Ve spojení s dodavatelským řetězcem vytvořil již v roce 1999 Kevin Asthon termín IoT. Cílem je vytvořit chytré objekty, které budou vybaveny senzory a propojeny pomocí wifi do internetu. Jde především o postupné zapojení počítače do běžného každodenního života. Jedním z příkladů je propojení automobilu s Internetem, které umožňuje větší bezpečnost, obsahuje i navigační systém, který upozorní na nehody či zácpy, ale i nouzovou hlášku, kterou auto vyšle v případě nehody. (Člověk a stroj, 2017, s. 28)

Využívání služeb z oblasti IT neustále roste, díky IoS mohou být tyhle služby využívány online. Jde o celou škálu služeb, od internetových obchodů a jejich webových stránek, online školení a kurzů až po poskytování Cloud computingu. Prozatím není IoS nikde plně integrován a je stále ve fázi výzkumu, neboť se sním pojí řada otázek, ač už ohledně bezpečnosti, spolehlivosti či jiných bariér. (Člověk a stroj, 2017, s. 28)

Prostřednictvím internetu mohou spolu lidé komunikovat a hledat informace. Internet of People sblíží lidi. Sociální sítě, internetové obchody a komunikační kanály nyní zaznamenávají obrovský rozmach. Rychlost a pokrytí internetu je ve většině zemí na velmi vysoké úrovni, jelikož jeho oblíbenost neuvěřitelně stoupá. (Člověk a stroj, 2017, s. 28)

Ve výrobě mají uplatnění všechny tři prvky. Bezdrátové propojení veškerých strojů a zařízení včetně produktů umožní IoT. Díky IoP si zákazník může přesně nakonfigurovat výrobek podle svých představ. Vzájemné komunikace mezi stroji, podniky a lidmi dosáhneme propojením právě těchto tří prvků. Kolektivní propojení v jeden celek se nazývá Internet of Everything (IoE). (Člověk a stroj, 2017, s. 29)



Obrázek 6 IoT, IoP a IoS (Report Industrie ACATECH, ©2013, s. 24)

2.2.4 Analýza velkých dat (Big Data)

Se slovem Big Data se setkáváme od roku 2010. Společně s Cloud computing se diskutují jejich vzájemné aplikace a propojení. Dohromady mají tyto prvky sloužit k získávání dat, jejich archivaci a analyzování. Cílem je získat podklady pro budoucí prediktivní systémy a prozkoumat potenciál zavedení těchto prvků. (Člověk a stroj, 2017, s. 29,30)

Vzájemná komunikace, kterou získáme díky propojení IoT, IoS a IoP je spojená s velkým objemem dat, a právě z těchto dat se později budou generovat informace. Do Big Data a následně do Cloudu se budou nahrávat data z webového konfiguratoru a sociálních sítí. Díky tomu budou zaznamenána přání a požadavky zákazníků a budeme schopni odvodit i vývoj poptávky. Ovšem Big Data jsou spojeny i s výrobou, respektive využijí je všechny

články hodnotového řetězce, které mají přístup do centrálního Cloudu. Tudiž data budou získávána nejen z továrny, ale i externě od zákazníků, dodavatelů, přepravců atd. (Člověk a stroj, 2017, s. 30)

Je zapotřebí se zmínit o možných problémech, neboť velkou překážku představuje bezpečnost a ochrana dat. Jelikož se jedná o citlivá data továren, je nutné vytvořit vhodné prostředí pro jeho zavedení, zvolit či vyvinout správné systémy, které se postarají o integraci a vyhodnocení dat. Realizace může trvat i několik let, je zapotřebí všechno účinně propojit, aby celý systém dosahoval maximální efektivity. (Člověk a stroj, 2017, s. 30)

2.2.5 Cloud computing

Myšlenka Cloud computing byla poprvé představena McCarthym a rozvedena Lickliderem v roce 1963. Jde o výpočetní služby realizované prostřednictvím internetu. Uživatelé mají neomezený přístup po síti. V Cloudu je přístup od software po hardware umožněn prostřednictvím webových aplikací. Nasazení Cloud modelů se dělí na veřejné, soukromé, komunitní a hybridní podle míry nasazení. (Člověk a stroj, 2017, s. 31)

Veřejný cloud (Public Cloud)

- poskytuje služby IT prostřednictvím sítě internet třetí stranou, jako jsou IaaS, PaaS, SaaS (Burian, 2014, s. 51)

Soukromý cloud (Private Cloud)

- poskytuje stejné služby jako veřejný cloud, ovšem pouze jedné organizaci (Burian, 2014, s. 51)

Komunitní cloud (Community Cloud)

- typ cloudu, který je využíván definovanou komunitou, jedná se například o spolupracující společnosti, firmy aj. (Burian, 2014, s. 51)

Hybridní cloud

- hybridní cloud je složen z více různých typů cloud (Burian, 2014, s. 51)

Cloud computing je přístupný ve třech modelech služby:

- SaaS – Software as a Service – uživatel může pozorovat softwarové aplikace přes internet bez nutnosti jejich vlastnictví (Gmail, Microsoft Online).

- PaaS – Platform as a Service – opatřuje uživateli výpočetní platformu pro podporu webových aplikací přes internet (Google Apps).
- IaaS – Infrastructure as a Service – umožňuje použití počítačového hardware a systémového software včetně operačních a komunikačních systémů. O instalaci až po údržbu se stará poskytovatel služby (Amazon EC2). (Člověk a stroj, 2017, s. 31)

Cloud představuje mnohé výhody jako jsou: vzdálené datové úložiště, výkon hardware, velká variantnost možností, nezávislost na lokaci, spolehlivost sítě a údržba. Na druhou stranu se spousta firem obává bezpečnosti, neboť všechno funguje přes internet. (Člověk a stroj, 2017, s. 31)

2.2.6 Senzory

Senzory představují podpůrný prostředek, díky kterému dosáhneme vyššího stupně robotizace, automatizace a docílíme autonomní továrny. Senzory, ovladači, kamerami i čidly bude opatřena celá linka včetně strojů. Díky tomu budou stroje přesně znát své parametry a prostředí, dokážou sami generovat rozhodnutí a efektivně pracovat. Budou schopny spolupracovat s lidmi a ostatními subjekty Smart factory. Na centrální úložiště budou ukládána data ze sensorů, tím pádem tvoří zdroj pro analýzy, statistiky a řídicí rozhodnutí. (Člověk a stroj, 2017, s. 32,33)

Ve speciálním počítačovém programu, budeme moci takovou výrobní linku přetvořit do digitální podoby, tím pádem budeme moci sledovat odchylky v reálném čase. A jestliže se výroba odchýlí od digitální simulace procesu, CPS okamžitě začne hledat nápravná řešení. (Člověk a stroj, 2017, s. 33)

2.2.7 Automatizace

„Automatizace je souhrn činností spočívajících v návrhu a realizaci opatření, která umožňují samočinně vykonávat takové duševní činnosti člověka, které jsou spojeny se spouštěním strojů, s výpočty při řízení provozních parametrů strojů, s optimalizací chodu strojů a s jejich zastavováním. Stroj jako mechanické zařízení vyrobené člověkem nahrazuje, usnadňuje, zrychluje a zpřesňuje lidskou práci.“ (Automatizace a automatizační technika, 2014, s. 12)

Automatizace představuje proces vývoje techniky, kdy technická zařízení pracují samočinně, za účelem osvobození člověka jak od fyzicky náročné práce, tak i od duševní práce. (Beneš, 2014, s. 12)

Autonomní robot

Jde o zařízení schopné automatické funkce, vykonává úkony podle předem stanovených pravidel. Jsou řízeny programy, které zajišťují dosažení požadovaného cíle řízení. Základním rysem je činnost bez přímé účasti operátora při řízení. (Automatizace a automatizační technika, 2014, s. 12,18)

Kolaborativní robot

Kolaborativní, spolupracující či kooperující roboty, již z názvu vyplývá, že se jedná o robotická zařízení, která spolupracují s člověkem. Jsou nápomocní při různých činnostech, kde je potřeba vysoké a stále stejné přesnosti. Kolaborativní roboti dokáží pracovat bez přestávky a prakticky donekonečna opakovat monotónní úkony, které by jinak plýtvaly lidským zdrojem, díky tomu, mohou lidé vykonávat činnosti, při kterých bude lépe využít jejich potenciál. (Duchoslav, ©2017)

Ideálním místem pro kolaborativní roboty, jsou takové pracovní stanice, kde jsou pro člověka nepříznivé ergonomické podmínky. Robot může pracovat na výrobních linkách přímo vedle člověka, namáhavé rutinní práce vykonává právě místo lidského zdroje. (Duchoslav, ©2017)

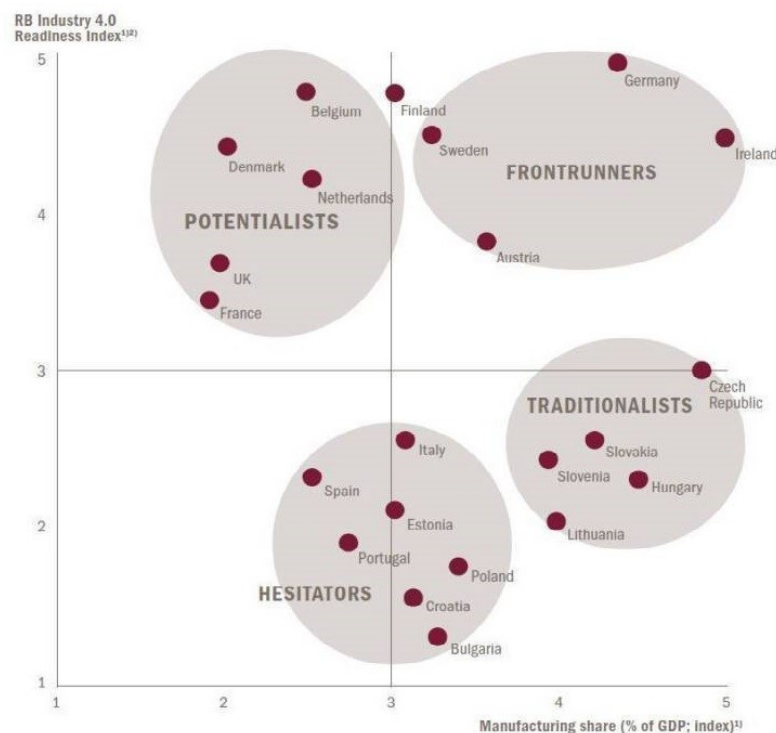
S kolaborativním robotem přichází i otázka ohledně bezpečnosti. Robot je vybaven inteligentním senzorickým systémem, díky kterému se zastaví, kdykoliv, kdy přijde do kontaktu s člověkem. Mimo to má i pryžové obložení. Ovšem na trhu je spousta výrobců poskytujících kooperativní roboty a každý z nich má jiný pohled na bezpečnost, a tím pádem mají i odlišné bezpečnostní standardy. Důležité ovšem je, že každý robot musí mít mezinárodní certifikát bezpečnosti. (Duchoslav, ©2017)

3 PRŮMYSL 4.0 VE SVĚTĚ

V nejrozvinutějších světových ekonomikách, byť pod odlišnými názvy, ale se stejnou snahou, a to snahou o udržení, a především posílení konkurenceschopnosti a technologického prvenství těchto států na světových trzích, již započala čtvrtá průmyslová revoluce. (Mařík, 2016, s. 22)

3.1 Evropský kontext

Zájem o koncept má naprostá většina evropských zemí. Ovšem jednotlivé státy si koncept Industry 4.0 přizpůsobily podle svých potřeb, což může vést k problémům, neboť jejich dlouhodobé vize jsou poněkud odlišné. Tudíž dochází k rozdílům v chápání, přístupu i aplikaci daného konceptu. Jednotlivé iniciativy můžeme vidět na mapě Evropy, kterou sestavil tým pod vedením komisaře Oettingera, viz. příloha P I. (Člověk a stroj, 2017, s. 39)



Obrázek 7 Index připravenosti na Industry 4.0 (ROLAND BERGER STRATEGY CONSULTANTS. INDUSTRY 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed, ©2014, s. 16)

Připravenost Evropy na nástup Industry 4.0 můžeme vidět na obrázku č. 6. Horizontální osa zobrazuje podíl průmyslu na HDP v procentech. Index připravenosti představuje

vertikální osa, je zde kombinace faktorů, jako jsou propracovanost výrobního procesu, úroveň automatizace, dostupnost pracovní síly, míra inovací, výše přidané hodnoty, otevřenost průmyslu nebo užití internetu. Následně byly tyto prvky hodnoceny na škále od 1 do 5, s tím, že stupeň 5 představuje excelenci země v dané oblasti. Z analýzy vyplývá, že evropské země v rámci připravenosti na Industry 4.0 dělíme do 4 skupin. (Člověk a stroj, 2017, s. 41, 42)

1. „Průkopníci (Frontrunners)“

- státy technologicky silné (Švédsko, Rakousko, Německo, Irsko)
- čerpají ze své industriální pozice, jejich podnikatelské prostředí odpovídá nárokům doby (Člověk a stroj, 2017, s. 42)

2. „Tradicionalisté“

- především země východní Evropy
- státy, ve kterých je hojně zastoupen průmysl
- jen některé státy podstupují kroky, které vedou k transformaci průmyslu
- ČR se řadí do této skupiny (Člověk a stroj, 2017, s. 42)

3. „Vyčkávající (Hesitators)“

- země jižní a východní Evropy
- v těchto zemích nehraje průmysl klíčovou roli, ve srovnání s předními průmyslovými zeměmi, nikdy nedokázaly rozvinout průmysl na srovnatelnou úroveň (Člověk a stroj, 2017, s. 42)

4. „Potencialisté“

- dříve patřily k silným průmyslovým zemím, nyní svůj potenciál postupně ztrácí
- značně sníženou míru industrializace zaznamenávají v období 2001-2011, a to Francie, UK a Španělsko
- v soukromém sektoru byl identifikován dostatek inovačního potenciálu (Člověk a stroj, 2017, s. 42)

3.2 Německo

Na největším světovém technologickém veletrhu Hannover Fair v roce 2011, byla reprezentování první vize na podporu průmyslové revoluce. Oficiálně byla uvedena koncepce Industrie 4.0 roku 2013 na tomtéž místě. Tvůrci iniciativy jsou experty v oboru automatizace (Kageman, Wahlster, Lukas). Možná je i tohle jeden z důvodů, proč se

Industrie 4.0 zaměřuje na technický vývoj od vestavěných ke kyberneticko-fyzickým systémům. (Člověk a stroj, 2017, s. 42, 43)

V Německu jsou prozatím vybudována tři centra, tzv. „test-beds“, kde dochází k aplikaci konkrétních řešení, od dílčích IT technologií po komplexní výrobní linky. Vláda klade na tento typ výzkumu velký důraz, jejím cílem je vybudovat dvacet takových center. Dále byla vytvořena platforma sdružující odborové svazy IT, strojírenství a elektrotechnika, významných zástupců soukromého sektoru (Siemens, Bosch, VW, SAP, Pilz atd.), výzkumné instituce, politiky i odbory. Výrazně aktivní přístup k celé iniciativě mají firmy Siemens a Bosch. (Člověk a stroj, 2017, s. 43)

750 milionů EUR činí vládní dotace, které byly stanoveny na tříleté období. Sebastian Weibel trvá, že „digitalizace v podstatě rozhodne o úspěchu či neúspěchu německého průmyslu“. (Weibel, ©2016)

4 PRŮMYSL 4.0 V ČR

Průmysl v České Republice má velkou tradici, už v době Rakouska-Uherska byl na našem území hojně zastoupen, tvořil víc jak 70 % celkové průmyslové výroby. (INICIATIVA PRŮMYSL 4.0, ©2016, s. 1)

Vývoj průmyslové výroby v České Republice je od roku 2013 doprovázen stabilním růstem. Tradičně k růstu průmyslové produkce nejvíce přispívají odvětví automobilového, strojírenského, elektrotechnického a elektronického průmyslu. Tyhle odvětví výrazně přispívají k růstu českého exportu, přičemž jejich podíl tvoří zhruba 70 %. (INICIATIVA PRŮMYSL 4.0, ©2016, s. 19)

Postavení průmyslu v České republice je výrazně ovlivněno procentuálním podílem na celkové ekonomice státu. V porovnání s ostatními evropskými ekonomikami zaujímá český průmysl bezkonkurenčně první místo. (INICIATIVA PRŮMYSL 4.0, ©2016, s. 19)

Vzhledem k tomu, že se podíl průmyslu v České republice blíží 40 %, je čtvrtá průmyslová revoluce nebo také průmysl 4.0 jedinečnou příležitostí pro růst a konkurenceschopnost českých firem a České republiky vůbec. Díky finančním úsporám se totiž očekává zvýšení produktivity až o 30 %. (Nováková, ©2015)

Od čtvrté průmyslové revoluce se očekává spousta výhod, ovšem odborníci se shodují, že s příchodem nové revoluce vzniká mnoho překážek, na které se musíme zaměřit a vyřešit je, co nejdříve. (Nováková, ©2015)

V Národním centru pro průmysl 4.0 mají firmy možnost si vyzkoušet svá digitalizovaná řešení. Nové centrum je v provozu od září 2017, vzniklo v prostorách Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC) ČVUT. NCP 4.0 pomáhá přispívat k zavádění principů Průmyslu 4.0, a to především malým a středním firmám, sdružuje výzkumné instituce s průmyslovými firmami a profesními organizacemi. (Svaz průmyslu ČR spolu s partnery založil Národní centrum průmyslu 4.0, ©2017)

Dnes CIIRC pracuje na vzniku tzv. Testbed. Jde o jedinečný koncept zkušební výrobní linky. Firmy budou moci testovat jednotlivé postupy Průmyslu 4.0 před jejich zavedením do skutečné průmyslové výroby. Testbed využívá rozšířenou virtuální realitu, díky ní si firmy mohou prohlédnout, jak výrobní linka bude fungovat. Zavedení nové technologie do praxe se výrazně zjednoduší, dokonce i zkrátí. (Svaz průmyslu ČR spolu s partnery založil Národní centrum průmyslu 4.0, ©2017)

4.1 Požadavky na zavedení konceptu Průmyslu 4.0

Ministerstvo průmyslu a obchodu vypracovalo Iniciativu Průmysl 4.0. Vláda ČR tento dokument schválila na svém zasedání dne 24. srpna 2016. (Odbor 31300, ©2016)

Iniciativa Průmysl 4.0 se snaží připravit celou společnost na technologické změny, které jsou vyvolány nástupem 4. průmyslové revoluce. Obsahuje základní informace o neodkladných změnách, mapuje opatření na podporu investic, aplikovaného výzkumu a standardizace, dále zpracovává otázky spojené s kybernetickou bezpečností, logistikou i legislativou. (Odbor 31300, ©2016)

Česká republika musí být připravená na aktuální vývoj. Dokument obsahuje takové kapitoly, které popisují současný stav, směry dalšího vývoje a klíčová témata v jednotlivých oblastech. (Odbor 31300, ©2016)

4.1.1 Požadavky na aplikovaný výzkum v ČR

Prioritním úkolem bude transformace stávajícího prostoru aplikovaného výzkumu směrem k vysoce efektivnímu národnímu ekosystému aplikovaného systému. Je zapotřebí, aby poskytoval národní výzkumnou infrastrukturu firmám s nedostatečným vlastním výzkumem a vývojem. Velmi důležitá je kombinace silného průmyslového zázemí, kvalita a koncentrace veřejného výzkumu a predikce technologického a společenského vývoje. (INICIATIVA PRŮMYSL 4.0, ©2016, s. 56)

S nástupem nové průmyslové platformy je zapotřebí zaměřit aplikovaný výzkum na oblast informačních a komunikačních technologií, elektroniku, robotiku, umělou inteligenci a kybernetiku, neboť jsou jádrem Průmyslu 4.0. Pro Českou Republiku jsou klíčové především následující technologické oblasti:

- Automatizace a robotika
- Kyberneticko-fyzikální systémy
- Vývoj specializovaného SW
- Vývoj prostředků systémové integrace
- Výroba specializovaných senzorů
- Mechatronika
- Logistické systémy (Mařík, 2016, s. 88)

Pro aplikaci myšlenek Průmyslu 4.0 má klíčový význam aplikovaný výzkum, právě v oblasti kybernetiky a umělé inteligence. Podle V. Maříka (2016, s. 91) „výsledky z těchto oblastí jsou doslova základem všech řešení Průmyslu 4.0“.

Velmi důležitou roli v oblasti výzkumu hraje vnik tzv. testbedů, jedná se o zkušební, fyzicky realizované prototypové výrobní systémy, na kterých by bylo možné testovat zavádění nových technologií v praxi. (Mařík, 2016, s. 96)

Nezbytnou součástí aplikovaného výzkumu představuje společenskovední výzkum. Nová průmyslová revoluce bude mít velký dopad na společnost, ať už z pohledu zaměstnanosti, vzdělávání, ale také na interakce mezi člověkem a strojem. Význam tohoto výzkumu je podstatný i z důvodu, že je schopen hodnotit dopady nových technologií, a to pozitivních i negativních na společnost. (Mařík, 2016, s. 98-101)

Mimo jiné by měla být v souladu s aplikovaným výzkumem řešena také vazba na vysokoškolské vzdělání, neboť již dnes v řadě rostoucích oborech chybí velké množství specialistů. (Mařík, 2016, s. 89)

4.1.2 Bezpečnost systémů

Jelikož neustále dochází k výraznému růstu počtu kybernetických útoků ve světě, a to nejen na kritické infrastruktury, se kybernetická bezpečnost stává hlavním bodem zájmu v oblasti průmyslové automatizace a průmyslových komunikačních sítí pro potřeby podniku včetně jejich řetězců. (Mařík, 2016, s. 110)

V rámci 4. průmyslové revoluce, budou chytré továrny pracovat s velkými objemy dat, tzv. Big data, tím pádem budou více náchylné na kybernetické útoky. Z tohoto důvodu je zapotřebí, vytvořit systém, který umožní továrnám maximální ochranu před vnějšími vlivy a zneužitím dat. S tím souvisí i potřeba zavedení jednotlivých standardů, které budou chránit spotřebitele a zajistí bezpečnost firem. (Nováková, ©2015)

Průmysl 4.0 znázorňuje složitý systém vytvářející rozsáhlou síť nejrůznějších entit, a to osoby, automatizační systémy, IT systémy, výrobní stroje, transportní zařízení, datové sklady, fyzické sklady materiálů a produktů. Síť má obvykle fyzickou i virtuální část, obě musí být propojeny a integrovány. Mezi všemi entity neustále probíhá náročná komunikace. Bezpečnost tudíž nelze chápat jenom na úrovni komponent či dílčích řešení, ale musí být chápána komplexně a systémově. Jde o kombinaci systémové a počítačové

bezpečnosti, proto musí být řešena jako významný proces napříč celou sítí různorodých entit. (Mařík, 2016, s. 107,108)

Musíme se zaměřit, jak na bezpečnost ochrany virtuálního prostoru dat a komunikace pomocí šifrování, tak i na zabezpečení funkceschopnosti, především časově kritických procesů a dostupnosti zdrojů. V rámci bezpečnosti rozsáhlých systémů, je neméně důležitým aspektem i ochrana osobních dat a soukromí. Je velmi nutné věnovat pozornost i elektronické ochraně fyzických logistických operací, neboť jsou známy mnohé případy, kdy byly během transportu bezkontaktně přeprogramovány výrobky, což způsobilo změnu jejich funkčnosti. (Mařík, 2016, s. 108)

Jedním ze základních požadavků je řešení bezpečnosti již od samého prvopočátku návrhu výrobního systému, už v téhle fázi se musí s bezpečnostními aspekty počítat a respektovat je. (Mařík, 2016, s. 109)

Ve vývoji systémů počítačové bezpečnosti má šanci přispět i Česká republika, neboť na našem území existuje řada společností zabývajících se antivirovými softwary a jinými bezpečnostními systémy. Podle V. Maříka, patříme ke světové špičce v oblasti počítačové bezpečnosti. (Mařík, 2016, s. 112)

4.1.3 Standardizace

Česká republika může přispět k vytvoření jednotného celosvětového konceptu Průmysl 4.0 prostřednictvím standardizace. Většina standardů bude sice vytvářena velkými nadnárodními společnostmi, ovšem ČR se může zapojit do procesů schvalování a formalizace těchto standardů, jelikož disponujeme dostatkem odborníků v téhle oblasti, ty se však budou muset pravidelně vzdělávat. (Mařík, 2016, s. 119)

Standardizace Průmyslu 4.0 představuje vytvoření souboru pravidel pro výkon odborných činností spojených s životním cyklem výrobku či služby vzniklých v průmyslu. Průmysl 4.0 vyžaduje nové požadavky na standardizaci i unifikaci. Pod pojmem standardizace si představujeme proces, který vede ke koordinaci, kompatibilitě a opakovatelnosti v kvalitě výroby a bezpečnosti formou standardů. Zatímco unifikaci lze charakterizovat jako dobrovolný proces, který směřuje ke snižování nákladů na opakovaná řešení a dalším ekonomickým efektům. Je zapotřebí vytvořit orgán pro standardizaci, který nebude vytvářet jednotlivé dílčí standardy, ale bude vykonávat dohled nad jednotnou standardizační strukturou. (Mařík, 2016, s. 120-123)

4.2 Dopady na trh práce

S příchodem nové průmyslové revoluce přijdou i nové technologie, které odstraní fyzicky náročné a rutinní práce, ale taky práce, které jsou životu nebezpečné a jejich dlouhodobý výkon ohrožuje zdraví a způsobuje nemoci z povolání. Tyhle technologie umožní kvalitní obohacení práce a její výkon v zajímavějším pracovním prostředí. S digitalizací vzroste možnost práce na dálku, což bude představovat velký přínos pro lidi, kteří mají problémy s dojížděním do zaměstnání, a to z důvodu odlehlého bydlení či zdravotního postižení. (Iniciativa práce 4.0, ©2016, s. 11)

V důsledku automatizace a robotizace se odhaduje do budoucna ohrožení zhruba 54 % pracovních míst v České republice, viz. příloha P II (Frey, Osborne, ©2015). Zároveň i prognóza OECD říká, že během následujících deseti až dvaceti let, dojde vlivem automatizace k ohrožení každého desátého pracovního místa. (Pospíšil, ©2016). Snížení nastane zejména u nízkokvalifikovaných pracovních míst v průmyslu a v dalších činnostech. (Mařík, 2016, s. 170).

Úřad vlády ČR vypracoval studii, ve které uvádí 20 profesí s největším indexem ohrožení digitalizace, viz. příloha P III. Patří k nim profese, které jsou velmi náchylné na zavedení digitálních technologií či automatizace. Studie se zabývala i profesemi, které digitalizace neohrozí, dokonce je může posilnit. Jde především o takové profese, které v rámci sociálních, organizačních, fyzických, kreativních či intelektuálních požadavků nebude možné digitalizovat či automatizovat, seznam naleznete v příloze P IV. (Chmelař et al., ©2015, s. 9, 10).

4.2.1 Vznik nových pracovních příležitostí

S příchodem čtvrté průmyslové revoluce, lze očekávat změnu ve struktuře profesí. Jelikož se budou informační, komunikační a kybernetické techniky neustále rozšiřovat do všech oblastí ekonomiky a života společnosti, výrazně vzroste poptávka po vysoce kvalifikovaných pracovních místech, především se jedná o pracovníky zabývající se webovým designem, cloudovými službami, ochranou dat a fyzických objektů, systémoví architekti, specialisté na robotiku aj. (Mařík. 2016, s. 173, 174)

Koncept Průmysl. 4.0 vyžaduje práci s rozsáhlými soubory dat (Big Data), což vyžaduje velmi kvalifikovanou pracovní sílu. Již v současné době začínají vznikat specializované profese odborníků, kteří zajišťují sběr, uchování a přenos dat. Velmi podstatní budou

odborníci zaměřeni na analýzu a transformaci dat do aplikací využitelných ve výrobě i službách. S tím souvisí i bezpečnost, jak uchování, tak přenosu dat včetně jejich šifrování. Tím pádem můžeme očekávat, že specialisté na kybernetickou bezpečnost budou opravdu velmi důležití a poptávka po nich bude obrovská. (Mařík, 2016, s. 174)

Nové pracovní pozice se budou vytvářet i v samotném průmyslu, přičemž největší růst se očekává ve strojírenství. Vznik nových profesí, které budou propojovat strojní inženýrství se znalostmi elektroniky, kybernetiky a informatiky budou nezbytné. Jelikož se ve výrobě budou využívat nová zařízení, vyvolá to vznik profesí, které se budou starat o jejich údržbu a seřizování, ale taky o údržbu a aktualizaci softwaru. (Mařík, 2016, s. 174, 175)

S růstem ekonomické vyspělosti a celkovými sociálními změnami se v budoucnu očekává rozvoj pracovních míst i v oblasti zdravotnictví a sociálních služeb. (Mařík, 2016, s. 176)

4.3 Vzdělávání

Abychom byli připraveni na průmysl 4.0, který se podle předpokladů, začne v budoucnu uplatňovat ve většině českých firem, je zapotřebí, aby došlo k reformě českého školství. Neboť budoucí generace musí být připraveny na přeměnu průmyslu a nesmíme dopustit, aby nastala situace, kdy se průmyslová revoluce „rozběhne v plném proudu“, ale u nás ji nikdo nebude schopen aplikovat.

Již dnes české školství nestačí nárokům na úroveň absolventů škol. Koncept Průmysl 4.0 zasáhne celou společnost, změny ve výuce musí být provedeny již na středních školách. Ačkoliv vývoj Průmyslu 4.0 může mít různou dynamiku, změna ve vzdělávání musí proběhnout ihned, neboť přizpůsobení v případě vzdělávání vyžaduje delší časové lhůty. (Mařík, 2016, s. 184)

Podle V. Maříka (2016) klíčem pro zvládnutí všech aspektů éry Průmysl 4.0 je jednoznačně vzdělávání. Upozornil na skutečnost, že éra Průmyslu 4.0 není jen o schopnosti být digitální uživatel, ale hlavní zaměření musí být ve vzdělávání směrem k oborům, jako je robotika, kybernetika, analýza dat, digitální myšlení a využívání expertních systémů a rozvoj kreativity.

Změna obsahu výuky se týká nejen technických oborů, ale zásadní změny musí být provedeny i na ekonomických, právních a společenských oborech. Neboť na tuhle technologickou revoluci musí být připraveni nejen inženýři. Tím pádem je zapotřebí, aby každá vysoká škola zahrnula do svých studijních programů výuku o poznacích Průmyslu

4.0. Nadcházející revoluce způsobí změny nejen v technologiích, ale i ekonomice a celkově ve společnosti. Skutečně se jedná o hluboký myšlenkový přechod, který musí poznamenat celou společnost a naše školství ji na to musí řádně připravit. Školy nemají připravit mladé lidi pouze pro budoucí zaměstnání, ale dát jim všeobecný pohled na věc. Studenti musí získat takové znalosti, aby porozuměli změnám, které přináší Průmysl 4.0. (Mařík, 2016, s. 193)

Na školách technického směru, musí být doplněny předměty, které poskytnou znalosti z oblasti kybernetiky a její bezpečnosti, telekomunikace, robotiky, výpočtů v sítích, ale taky znalosti z podnikání a obchodování na internetu, internetu věcí, služeb a lidí, právní aspekty související s internetem a automatizací, sociální vývoj společnosti, komunikační dovednosti aj. Tyhle změny musí být provedeny co nejdříve, neboť může nastat situace, že bude nedostatek odborníků, kteří dokáží koncept Průmysl 4.0 v praxi uplatnit. (Mařík, 2016, s. 192)

Významnou roli budou hrát odborné stáže ve firmách, jelikož je vliv praxe na výsledky studia enormní, musí se posílit spolupráce škol a firem. Podpořit nejen znalosti, ale celkové schopnosti studentů je možné pomocí laboratoří, které budou vybaveny adekvátním zařízením. Teoretické znalosti je zapotřebí aplikovat na reálné situace. V České republice vznikají tzv. testbedy, spolupráce vysokých škol s firmami, které tyhle zkušební linky mají bude nezbytná, jedině díky praktickým zkušenostem se ze studentů mohou stát opravdoví odborníci. (Mařík, 2016, s. 195-197)

5 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Průmyslové inženýrství je nejmladším inženýrským oborem. V České republice se termín „průmyslové inženýrství“ začíná objevovat až po roce 1989. Jelikož jde o nejmladší inženýrský obor, má oproti těm tradičním výhodu, že se neustále vyvíjí, a dokonce můžeme říci, že je schopen pružněji reagovat na změny, které probíhají v jeho okolí. (Mašín, 2000, s. 79,80)

Současná definice průmyslového inženýrství říká, že „je to interdisciplinární obor, který se zabývá projektováním, zaváděním a zlepšováním integrovaných systémů lidí, strojů, materiálů a energií s cílem dosáhnout co nejvyšší produktivity. Pro tento účel využívá speciálních znalostí z matematiky, fyziky, sociálních věd i managementu, aby společně s inženýrskými metodami dále využilo pro specifikaci a hodnocení výsledků dosažených těmito systémy“. (Mašín, 2000, s. 81)

5.1 Štíhlý podnik

Podnik je tvořen především lidmi, jejich postojem k práci, znalostmi a motivací. Tudíž štíhlý podnik není jen soubor metod a postupů, které pomáhají z procesů odstranit plýtvání. (Košťuriak a Frolík, 2006, s. 20)

Jestliže chce podnik uspět na globálním trhu, je zapotřebí, aby respektoval trend štíhlé výroby, štíhlých procesů a štíhlého myšlení. Ovšem musí neustále dbát na to, že produktivita nesmí být zvyšována na úkor jakosti. (Mikulec, 2011, s. 9)

Principem štíhlé výroby je vyrábět libovolnou sekvenci různých výrobků s vysokou produktivitou, s krátkými průběžnými časy a s minimálním stavem zásob. Díky zeštíhlování můžeme vyrábět více, přitom mít nižší režijní náklady a efektivněji využít svoje plochy a výrobní zdroje. Ovšem štíhlá výroba není jen o redukcí nákladů, jde především o maximalizaci přidané hodnoty pro zákazníka. (Mikulec, 2011, s. 9, 10)



Obrázek 8 Stavební kameny štíhlého podniku (Mikulec, 2011, s. 10)

5.2 Vybrané moderní metody průmyslového inženýrství

Každý systém (podnik) je jiný, existuje spousta možností, jak zlepšovat procesy daného systému, ovšem je podstatné vybrat správné metody, vhodně je implementovat a rozvíjet. (Mikulec, 2011, s. 11)

Gregor a Košturiak rozdělují metody a techniky průmyslového inženýrství do pěti základních oblastí:

1. Racionalizace a empirické metody vyvinuté v průmyslových podnicích

- patří sem studium metod (pro efektivnější využívání materiálu, prostoru, strojů i pracovníků), měření práce (REFA, MTM, MOST), 5S, jidoka, SMED, TPM, Poka-Yoke, VSM, apod.

2. Informatika a softwarové inženýrství

- informační technologie pro bezdokumentovou výměnu informací, simulace apod.

3. Motivace, nové organizační formy, týmy, vedení lidí (budování týmů)

- moderování, Kaizen (soutěže ve zlepšování), důraz na týmovou práci.

4. Systémové inženýrství, projektování, operační výzkum

- TOC, projektový management, optimalizace práce a layoutu.

5. Technologie, výrobní a automatizační technika

- robotika, stroje, centralizace skladů, dopravní systém. (Mikulec, 2011, s. 26)

Mapování hodnotových toků (VSM)

Tato metoda slouží k popsání procesů přidávajících i nepřidávajících hodnotu ve výrobních, servisních a administrativních strukturách. Její použití je vhodné pro synchronizaci toků. (Mikulec, 2011, s. 12)

Zlepšování procesů – Kaizen, reengineering

Podstatou pojmu kaizen je zlepšování a zdokonalování. Jedná se o neustálé zdokonalování týkající se všech, včetně manažerů a dělníků. (Imai, 2004, s. 23)

Reengineering můžeme chápat, jako zásadní přehodnocení a radikální přeměnu podnikových procesů tak, aby mohlo být dosaženo dramatického zdokonalení, a to z hlediska kritických měřítek výkonnosti, jakou jsou náklady, kvalita, služby a rychlost. (Mikulec, 2011, s. 12,13)

Teorie omezení (TOC)

Je založena na nalezení úzkého místa v podnikových procesech či tocích s cílem maximalizovat průtok a minimalizovat zásoby a operační náklady. (Mikulec, 2011, s. 13)

SMED

Jde o metodu, která je zaměřena na zkracování času přetypování výrobních zařízení. (Mikulec, 2011, s. 14) Program rychlých změn má obvykle dva základní cíle, a to:

- Získat část kapacity stroje, která se ztrácí jeho zbytečně dlouhým přetypováním.
- Zajistit rychlý přechod z jednoho typu výrobku na druhý, a tak umožnit výrobu v malých dávkách, což způsobí vyšší pružnost, nižší rozpracovanost výroby a kratší průběžnou dobu ve výrobě. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 26)

Totálně produktivní údržba (TPM)

Hlavním cílem TPM je zvyšovat produktivitu zařízení, systematicky dochází k redukci času, který ubírá danému zařízení kapacitu (výroba zmetků, přestavování zařízení, práce při snížené rychlosti, poruchy atd.). (Košturiak a Frolík, 2006, s. 26) Tato metoda obvykle využívá i metody SMED pro rychlé změny výrobního sortimentu. (Mikulec, 2011, s. 14)

Simulace

Díky simulacím lze převést reálný systém do modelu včetně jejich dynamických procesů. Simulace se využívají z různých důvodů, mohou jimi být identifikace úzkých míst, testování maximálního vytížení systému, hledání optimálních kapacit v jednotlivých fázích

procesu, plánování výroby, testování výrobních procesů, vizualizace, nastavení optimálního layoutu, 3D zobrazení, simulace mimořádných situací apod. Simulace mají své výhody, ale i nevýhody, které můžete vidět v následující tabulce. (Pivnička, Ph.D., 2017, s. 3-7)

Tabulka 1 Výhody a nevýhody simulace (Vlastní zpracování)

VÝHODY	NEVÝHODY
Získání vhledu do chování systému	Model je jen přiblížením se realitě <ul style="list-style-type: none"> • model přesně reflektující realitu bývá příliš pracný a příliš složitý • model příliš zjednodušený neodpovídá realitě • špatná úroveň zjednodušení vede ke špatným výsledkům
Nastavení politiky pro nakládání se zdroji a realizaci činností	Špatný vstup, špatný výstup
Testování nových koncepcí	Systémy s velkou mírou nepravidelnosti jsou v některých případech příliš komplikované pro modelování
Získání informací, aniž bychom ohrozili chod současného systému	Softwarové vybavení a experti jsou velmi drazí, což znamená, že simulace není vhodná pro projekty s malým přínosem
„Dlouhodobé experimenty“ v krátkém čase	Software neumožňuje automatickou optimalizaci systému a nenahrazuje člověka v rozhodovacím procesu
Snadno demonstrovatelné modely	
Snížené požadavky na analýzu	

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI

Společnost zahájila svoji činnost v roce 2000. Zaměřuje se na vývoj, výrobu a servis vstříkovacích forem nejen v oblasti automobilového průmyslu, ale taky v elektrotechnickém a spotřebním průmyslu. (Interní zdroj)

Mezi stovkami vstříkovacích forem, které doposud společnost vyrobila, jsou převážně složité nástroje pro prostorově komplikované díly s vysokými kvalitativními požadavky. Všechny formy jsou konstruovány a vyráběny hlavně s důrazem na přesnost a dlouhodobou životnost. Vedle nástrojů pro sériovou výrobu vyvíjí a realizují i nástroje na zhotovení prototypových dílů s vysokými mechanickými vlastnostmi. (Interní zdroj)

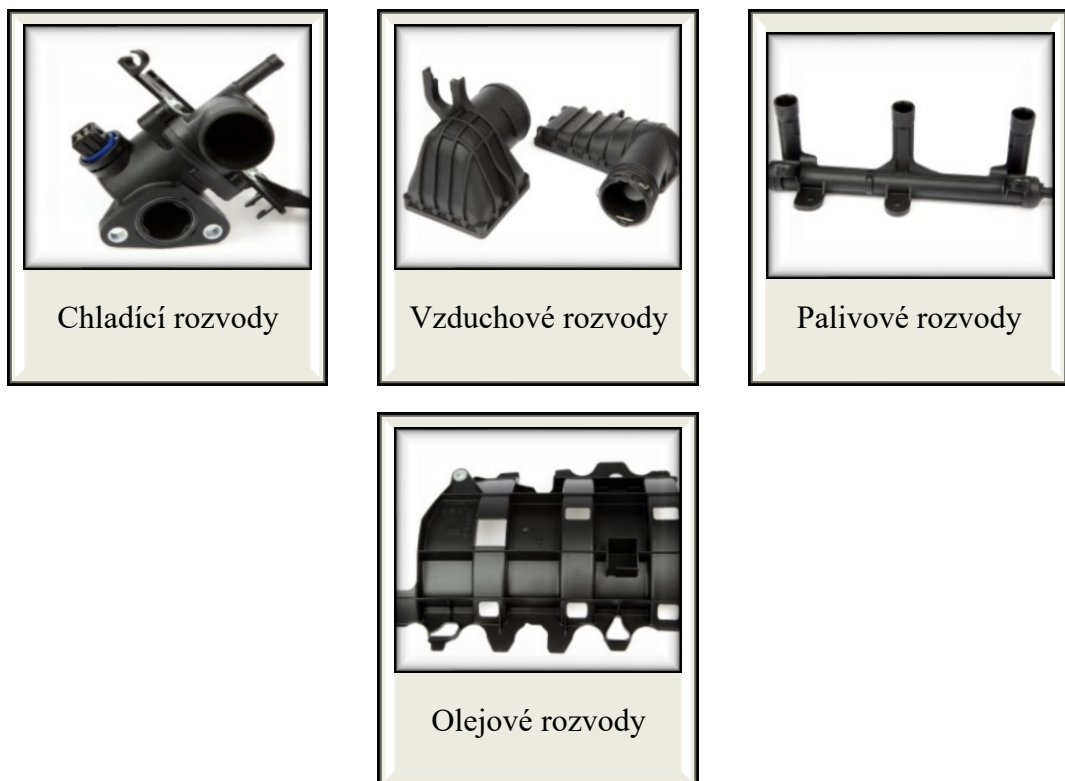
Vstříkovací formy na výrobu dílů chladičů a klimatizací v automobilovém průmyslu, u kterých jsou kladeny nejvyšší nároky na rozměrovou přesnost a celkovou kvalitu dílů, vyrábí i pro nejznámější výrobce automobilů, jako je Volkswagen, Porsche, Audi, Ford a PSA. Tím společnost dokládá svoji schopnost vyhovět požadavkům i těch nejnáročnějších zákazníků. (Interní zdroj)

Kromě vývoje a výroby vstříkovacích forem nabízí i výrobu finálních dílů na nejmodernějších technologiích v jejich mateřské společnosti. (Interní zdroj)

Vývoj a konstrukci vstříkovacích forem staví na individuálním přístupu a dlouholetých zkušenostech v oblasti automobilového průmyslu. S využitím nejmodernější CAD/CAM systémů navrhují a realizují nekompromisní řešení zahrnující i parametrizace a před deformace klíčových ploch finálního výrobku. (Interní zdroj)

6.1 Výrobky společnosti

Společnost se zaměřuje na výrobu vstřikovacích forem plastových dílů do chladících, vzduchových, palivových a olejových rozvodů. Jedná se o zakázkovou výrobu, tím pádem se všechny výrobky poněkud liší a společnost musí dbát na přesnost a kvalitu technických parametrů, rychle reagovat na změny ve výrobním procesu, a samozřejmě se musí přizpůsobit požadavkům zákazníků. (Interní zdroj)



Obrázek 9 Výrobkové portfolio (Vlastní zpracování)

7 ANALÝZA SOUČASNÉHO VÝROBNÍHO PROCESU

Jelikož se společnost zabývá výrobou na zakázku, v následující analýze se budu věnovat výrobnímu procesu zvoleného produktu. Zaměřila jsem se na výrobek, který představuje pro firmu nejvyšší zisky, ale taky díky velké spokojenosti zákazníka, dochází k jeho opakovaným objednávkám.

7.1 Popis výrobního procesu

Jednotlivé části výrobního procesu byly popsány na základě technologického postupu. Celý výrobní proces jsem konzultovala s vedoucím výroby a jednotlivé operace jsem pozorovala přímo ve výrobě.

Tabulka 2 Výrobní proces (Vlastní zpracování)

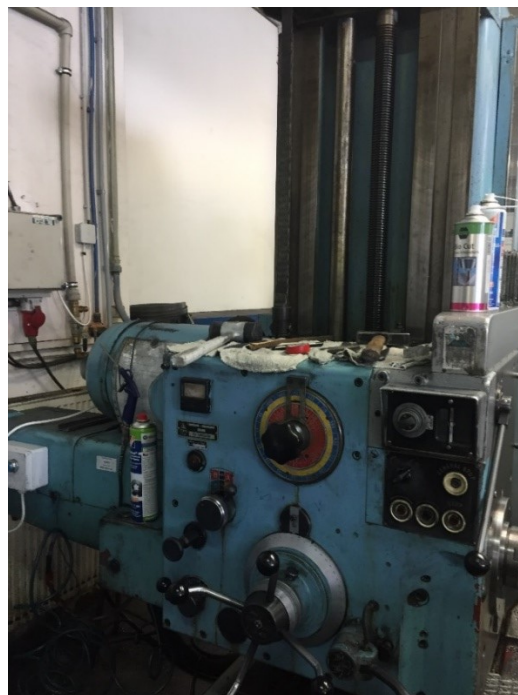
1. Proces zpracování objednávky	Jakmile firma obdrží objednávku, dojde k plánování konstrukce, technologie. Technolog stanoví vhodný technologický postup, poté vedoucí výroby rozplánuje výrobu a udá zakázku do výroby.
2. Kontrola materiálu	Dle rozpisky se kontroluje, zda je na skladě dostatek potřebného materiálu. Pokud není, vedoucí výroby zadá požadavek obchodnímu oddělení. Ti kontaktují dodavatele a materiál se objedná. Po přijetí se materiál zkontroluje, zda ho je požadované množství, aby se v průběhu nemusela zastavit výroba z důvodu nedostatku materiálu a poté může výroba začít.
3. CNC – obrábění	Při téhle operaci dochází k frézování polotovaru včetně rádiusů. Operace se provádí na CNC stroji MCFV 1060 NT. Pracovník se řídí podle výkresu polotovaru a pracovního postupu.




Obrázek 10 CNC obrábění (Vlastní zpracování)

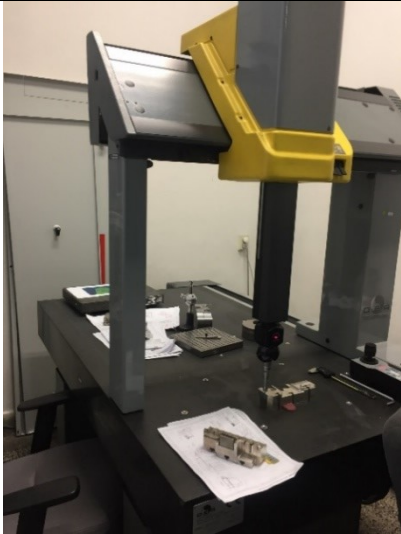
4. Vrtání hlubokých děr

Jelikož stroj, na kterém se vykonávala předchozí operace není schopen vyvrtat hluboké díry, je zapotřebí, aby se výrobek přemístil na jiný stroj, na němž se daná operace uskuteční.

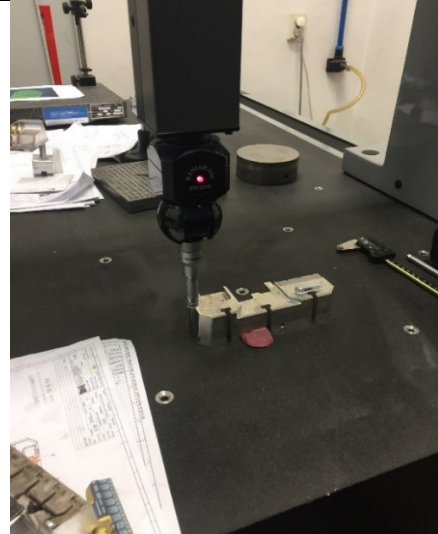


Obrázek 11 Vrtání hlubokých děr (Vlastní zpracování)

5. CNC – obrábění	Poté se výrobek opět přemístí na CNC MCFV 1060 NT. Při téhle operaci se provede tzv. dovtání vod, což představuje vyvrtání otvorů na chlazení, čímž vznikne chladicí okruh. Dále zde probíhá hrubování tvaru dle programu. Jelikož se na tomhle stroji prováděla i operace č. 3 je nutné vyměnit nástroj. Ovšem stroj disponuje zásobníkem nástrojů, tudíž je výměna rychlá.
6. Ruční práce	Další operací jsou ruční práce, kde dochází k řezání závitů.
 <p data-bbox="592 1464 1334 1503"><i>Obrázek 12 Pracoviště ručních prací (Vlastní zpracování)</i></p>	
7. Kontrola	Po ručních pracích se výrobek přesouvá na kontrolu, která probíhá na 3D měřícím stroji. Pracovník se řídí podle 3D modelu. Stroj poté snímá výrobek a dochází k vyhodnocení odchylky od 3D modelu.



Obrázek 13 3D kontrola
(Vlastní zpracování)



Obrázek 14 3D kontrola (Vlastní
zpracování)

8. Kalení

Dále přichází kalení. Tahle operace je ovšem kooperací. Vedoucí výroby podle plánu výroby stanoví, kdy se příslušné výrobky zašlou firmě, která tuhle činnost provádí. Obvykle trvá 4 pracovní dny, než se výrobky po kalení vrátí. Poté může výrobní proces pokračovat.

9. Broušení na plocho

Výrobek je nutné brousit na plocho, kde se zaměstnanec opět řídí dle výkresu a pracovního postupu.



Obrázek 15 Bruska na plocho (Vlastní zpracování)

10. CNC – obrábění

Poté se výrobek frézuje na délku. Tahle operace se provádí na CNC stroji HERMLE B300. Frézuje se dle programu.



Obrázek 16 CNC obrábění (Vlastní zpracování)

11. Hloubení

Dále se výrobek přesouvá na hloubení. Při téhle operaci jsou potřebné nástroje, které se předem v nástrojárně vyrobí.

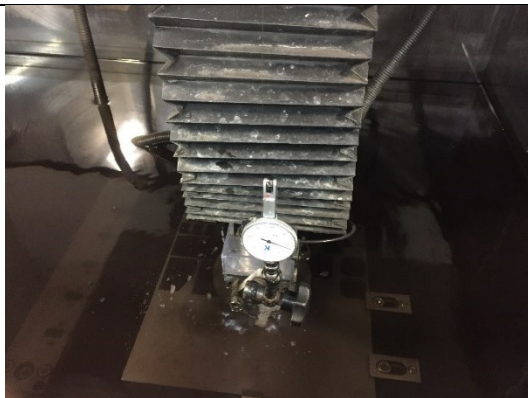
	<p>Jedná se o elektrody, které se zhotovují na příslušném stroji. Pracovník má k dispozici 3D model elektrod, podle kterého se řídí a vytváří programy. Příslušná elektroda, se poté připevní ke stroji a během operace se obtiskává do výrobku, čímž se dosáhne požadovaného tvaru.</p>
<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><i>Obrázek 17 Hloubení (Vlastní zpracování)</i></p>	
<p>12. Kontrola</p>	<p>Po hloubení se výrobek přesouvá na 3D kontrolu, kde se opět zaměstnanec řídí 3D modelem.</p>
<p>13. Zhotovení startovacích otvorů</p>	<p>Dále je zapotřebí prostřelit startovací otvory. Tento krok je nezbytný pro následující operaci. Zaměstnanec si podle výkresu zvolí příslušný rozměr nástroje, poté si do počítače načte souřadnice X a Y, kde má startovací otvor být.</p>



Obrázek 18 Startovacích otvory (Vlastní zpracování)

14. Drátovka

Po vyvrtání startovacích otvorů, se výrobek posouvá na drátovku. Tento stroj využívá mosazný drát, který dělí železo. Jedná se o velmi přesné obrábění. Zaměstnanec se opět řídí výkresem.



Obrázek 19 Proces drátování (Vlastní zpracování)



Obrázek 20 Drátovka (Vlastní zpracování)

15. Kontrola

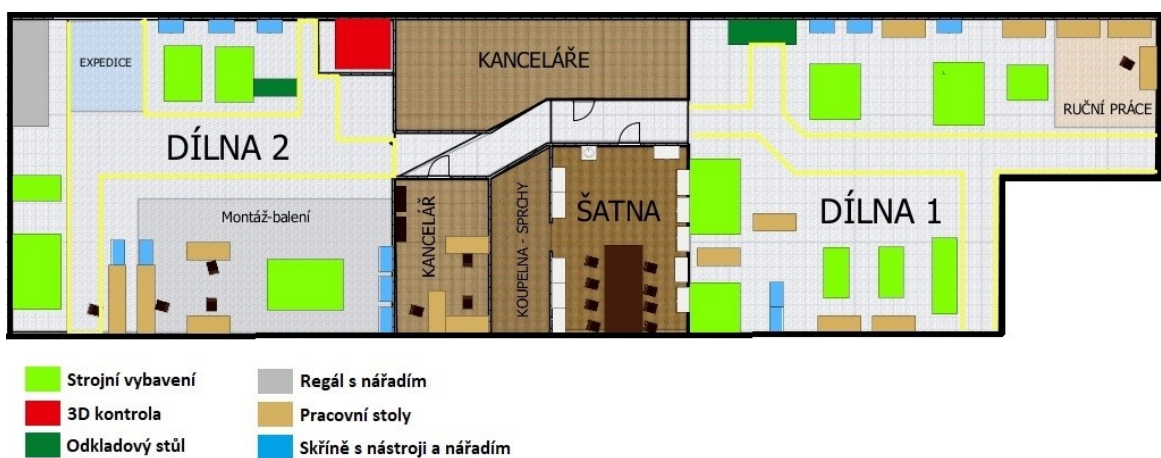
Poté následuje kontrola na 3D stroji. Kde se měří kompletnost dílce dle výkresu a 3D dat.

17. Expedice

Na expedici dochází k zabalení výrobku. Vyhotoví se výdejka a výrobek je připraven k odeslání zákazníkovi.

7.2 Layout

Z níže zobrazených layoutů můžete vidět, že výrobní hala se dělí na dvě dílny. V rámci výrobního procesu dochází k přechodu mezi dílnami. Jelikož hala není moc velká, a je rozdělena na dvě výrobní prostředí, uspořádání strojů není zcela ideální. Ovšem vzhledem k omezeným možnostem jsou stroje rozmístěny alespoň tak, aby při výrobním procesu nedocházelo mezi jednotlivými operacemi k neustálému přesunu z jedné dílny na druhou. Proto se jedna část výroby odehrává převážně na dílně 1 a zbylá část operací na dílně 2.



Obrázek 21 Layout (Vlastní zpracování)

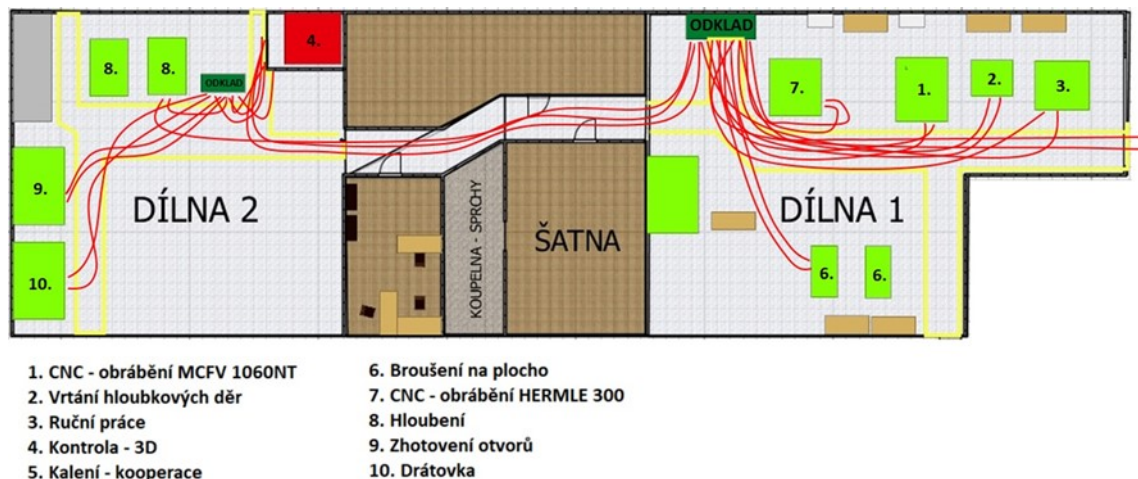


Obrázek 22 Layout 3D (Vlastní zpracování)

7.3 Špagetový diagram

Špagetový diagram zachycuje, jak pohyby pracovníků, tak i výrobku. Díky tomuto nástroji můžeme odhalit množství pohybů, které pracovníci nebo daný výrobek urazí během jednoho výrobního procesu. Umožňuje nám zhodnotit, zda dochází k plýtvání v rámci nadbytečného transportu.

Ve špagetovém diagramu jsou zaznamenány pohyby pracovníků s výrobkem při výrobním procesu. Týká se pouze pohybů při jednotlivých výrobních operacích, kdy dochází k transportu při předání výrobku na následující operaci.



Obrázek 23 Špagetový diagram (Vlastní zpracování)

7.4 Procesní analýza

Ke zhodnocení posloupnosti jednotlivých činností výrobního procesu, jsem zpracovala procesní analýzu. Tento nástroj nám dává vizuální přehled o každé činnosti v rámci celého výrobního procesu. Díky ní jsme schopni odhalit nedostatky, které mohou zapříčinit plýtvání.

Procesní analýza je zpracována na základě přesných údajů, které jsem získala přímo z výroby. Týká se výrobního procesu vybraného výrobku. Jsou jí v popsány jednotlivé činnosti, zda se jedná o operaci, transport, čekání či kontrolu. K jednotlivým činnostem jsou uvedeny přesná data, a to doba trvání operace, čekání či kontroly, přesná vzdálenost při transportu a počet zaměstnanců, kteří danou činnost vykonávají.

Tabulka 3 Procesní analýza (Vlastní zpracování)

č.	PROCESNÍ ANALÝZA 1 KUSU ČINNOST	Operace	Transport	Kontrola	Skladování	Čekání	Vzdálenost (m)	Doba trvání (min)	Počet pracovníků
1	CNC - obrábění	●						310	1
2	Transport		→				6		
3	Čekání					●		15	
4	Transport		→				10		
5	Vrtání hloubkových děr	●						300	1
6	Transport		→				10		
7	Čekání					●		10	
8	Transport		→				6		
9	CNC - obrábění	●						720	1
10	Transport		→				6		
11	Čekání					●		10	
12	Transport		→				14		
13	Ruční práce	●						60	1
14	Transport		→				14		
15	Čekání					●		5	
16	Transport		→				18		
17	Kontrola		→	→				45	1
18	Transport		→				7		
19	Kalení	●						5760	
20	Transport		→				33		
21	Broušení na plocho	●						680	1
22	Transport		→				8		
23	Čekání					●		5	
24	Transport		→				4		
25	CNC - obrábění	●						600	1
26	Transport		→				4		
27	Čekání					●		10	
28	Transport		→				22		
29	Hloubení	●						600	1
30	Transport		→				4		
24	Čekání					●		5	
27	Transport		→				2		
28	Kontrola		→	→				45	1
29	Transport		→				2		
30	Čekání					●		15	
31	Transport		→				6		
32	Startovací otvory	●						60	1
33	Transport		→				6		
34	Čekání					●		5	
35	Transport		→				8		
32	Drátovka	●						680	1
33	Transport		→				8		
34	Čekání					●		10	
35	Transport		→				2		
36	Kontrola		→	→				120	1
37	Transport		→				10		
38	Expedice	●						15	1
Celkem - četnost		11	23	3		10			13
- součet času (min)								10085	
- vzdálenost (m)							210		

Z procesní analýzy můžeme odvodit, že dochází k nadbytečnému plýtvání v rámci transportu a čekání. Po jednotlivých operacích se výrobek musí přenášet na takzvaný „odklad“, kde je následně výrobek zkontrolován vedoucím výroby, a poté může být přenesen na následující operaci ve výrobním procesu.

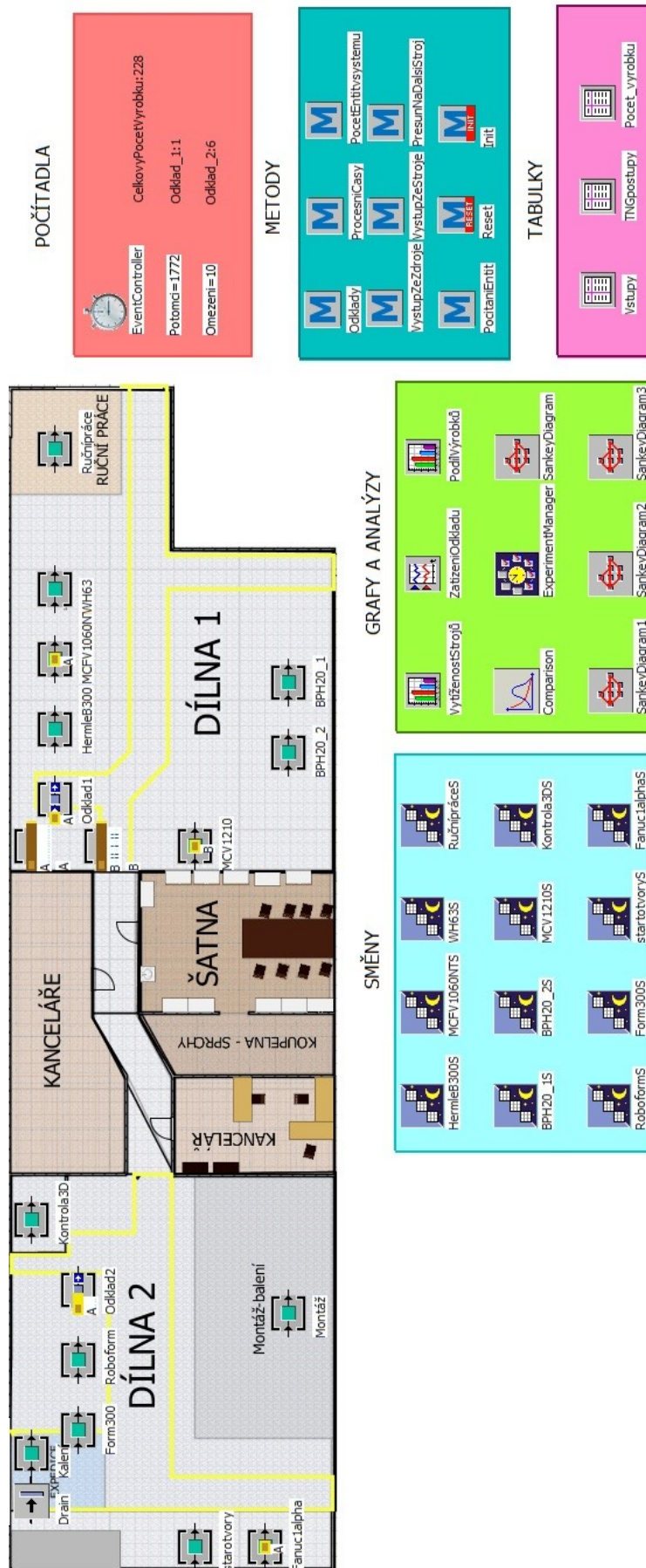
7.5 Plant Simulation

Simulaci výroby jsem zpracovala v programu Plant Simulation. Jelikož jde o firmu, která se zabývá výrobou na zakázku, je v simulaci zahrnuta výroba produktu, na který jsem zpracovala i podrobný výrobní popis, procesní analýzu a špagetový diagram. Dále zobrazuje další dva produkty. Pro simulaci jsem zvolila právě tyto typy výrobků, neboť jsou pro společnost prioritou a zakázky se na ně nejvíce opakují. Jednotlivé výrobky jsou označeny A, B, C, jelikož si společnost z důvodů anonymity jejich přesné názvy nepřála uvádět.

Aby simulace mohla být provedena a přiblížila se co nejvíce skutečnosti, bylo zapotřebí zpracovat odpovídající layout s výrobním prostředím. Dále jsem musela zajistit přesné technologické postupy i s procesními časy. Ke správné funkčnosti bylo nutné nastavit jednotlivé kroky podle logických řetězců, bez nichž by se simulace neobešla. Výroba probíhá ve dvousměnném pracovním režimu, takže skutečnost musela být v simulaci také zohledněna, poněvadž poté by se výsledek mohl odlišit od reality.

V simulaci je nastavena výroba na jeden rok, tudíž veškeré hodnoty, které jsem díky simulování výroby získala, se týkají období dvanácti měsíců. Na obrázku níže se nachází layout výrobního prostředí společně s použitými nástroji, které byly pro spuštění simulace klíčové. Nástroje jsem rozdělila podle funkcí do skupin, poté mi tohle rozdělení sloužilo jako přehledný ovládací panel. Nástroje jsou rozčleněny na:

- Počítadla
- Metody
- Tabulky
- Grafy a analýzy
- Směny

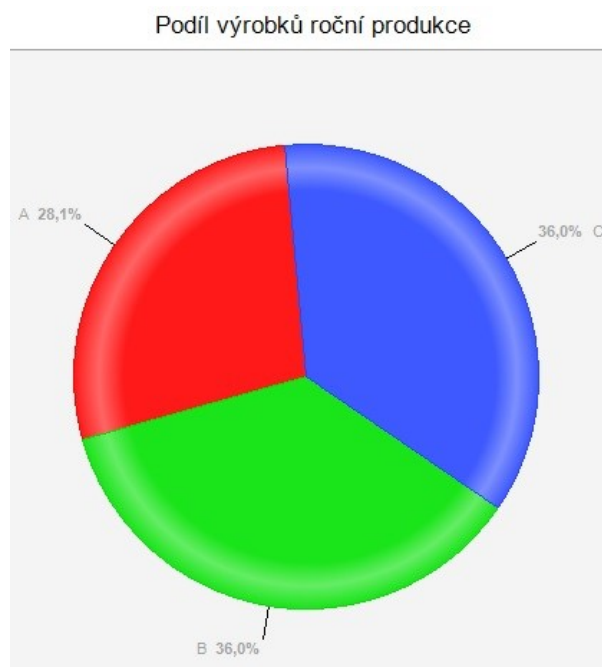


Obrázek 24 Plant Simulation – varianta 1 (Vlastní zpracování)

Tabulka 4 Počet výrobků A, B, C – varianta 1 (Vlastní zpracování)

	string 0	integer 1
string	Vyrobek	Pocet
1	A	64
2	B	82
3	C	82

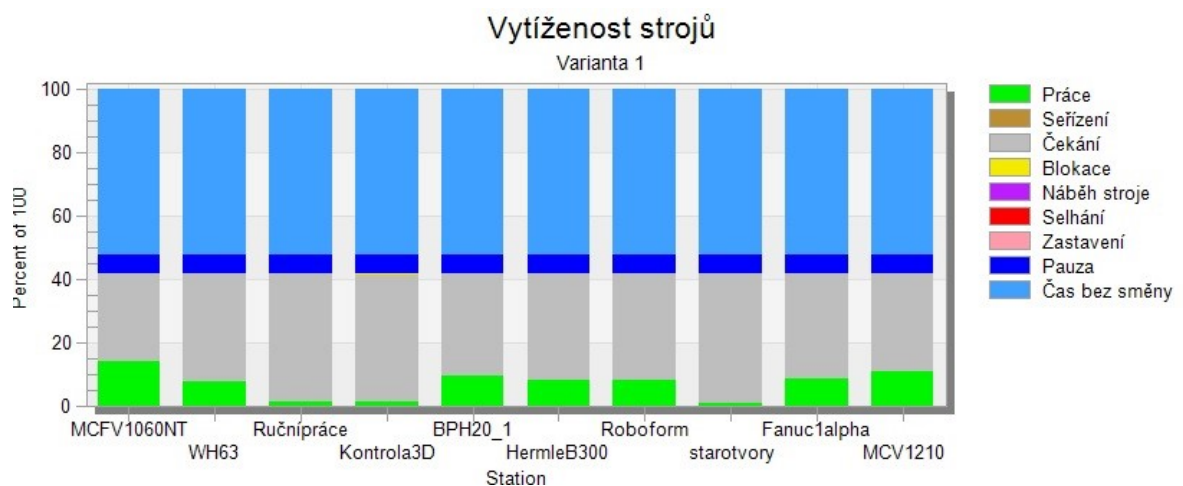
Na tabulce vidíme počet jednotlivých výrobků vyrobených za rok, jelikož výrobek A má nejsložitější a nejdelsí výrobní postup je zřejmé, že jeho počet je nejnižší. Kdežto výrobky B a C se svým postupem vůbec neliší, pouze procesními časy, je jejich počet stejný. Tuhle skutečnost jsem vyjádřila i pomocí výšečového grafu, kde můžete vidět jednotlivé procentuální zastoupení daných výrobků.



Obrázek 25 Podíl výrobků - varianta 1 (Vlastní zpracování)

Díky simulaci jsem byla schopna zjistit vytíženost strojů, které jsou potřebné ve výrobním procesu všech tří produktů. Na grafu níže, je zachycena veškerá skutečnost týkající se stavu strojů, zda pracují, čekají, neprobíhají na nich operace z důvodů pracovního provozu, jestli jsou blokovány či mají pauzu.

Z grafu lze vyčíst, že všechny stroje dlouho čekají, tohle je způsobeno tím, že procesní časy jsou opravdu dlouhé, některé operace trvají i pár dní, a jelikož není v simulaci zahrnuta veškerá výroba, ale pouze tři produkty, doba čekání strojů se zvýšila. Dále si můžete všimnout, že nejvíce vytížený je stroj MCFV1060 NT.



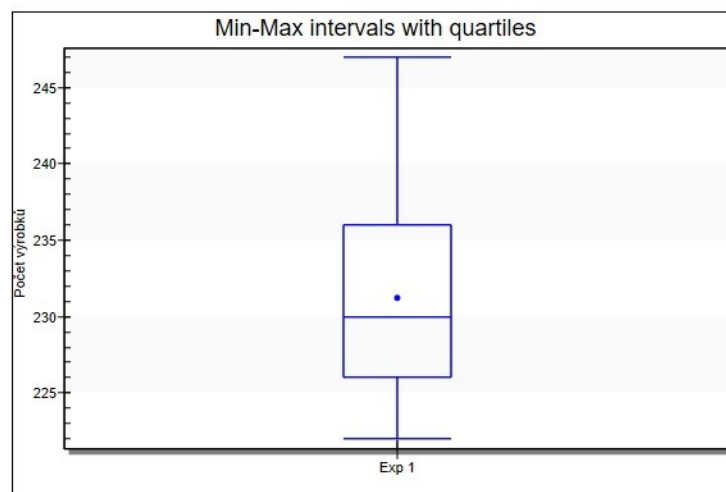
Obrázek 26 Vytíženost strojů – varianta 1 (Vlastní zpracování)

Program Plant Simulation má ve své nabídce i graf Boxplot neboli krabicový graf či krabicový diagram, který graficky vizualizuje numerická data pomocí jejich kvartilů. Je rozdělen do pěti hodnot: minimum, dolní kvartil, medián, horní kvartil a maximum.

V mém případě graf zohledňuje 30 experimentů, přesněji řečeno, simulace byla spuštěna 30krát, pokaždé do simulace mohli vstoupit odlišné situace, tudíž se pokaždé celkový počet výrobků mohl lišit, a právě tento graf nám zobrazuje průměrný počet výrobků ze všech provedených experimentů.

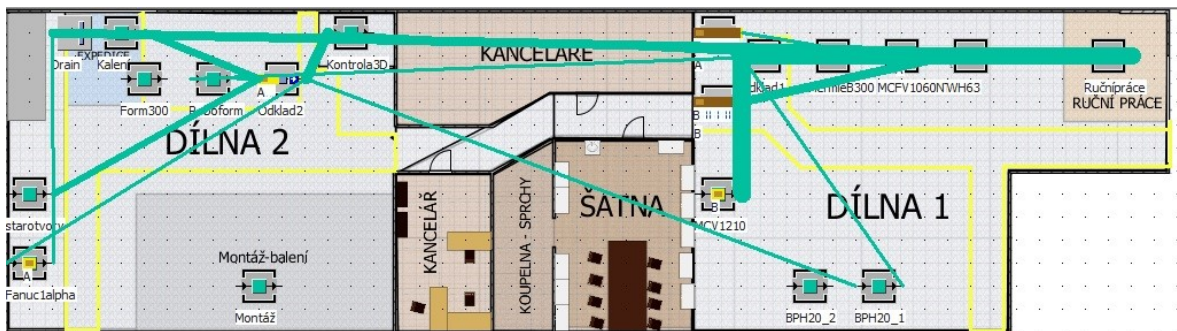
Díky grafu jsem zjistila, že průměrný počet výrobků dosahuje k hodnotě 232 výrobků za rok, přičemž minimum je 222 výrobků a maximální dosažený počet činí 247 výrobků za rok.

Evaluations of the output value 'Počet výrobků'



Experiment	Počet výrobků	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	231.266666666667	6.35682274428758	222	247	228.892340150176	233.640993183157

Obrázek 27 Boxplot – varianta 1 (Vlastní zpracování)

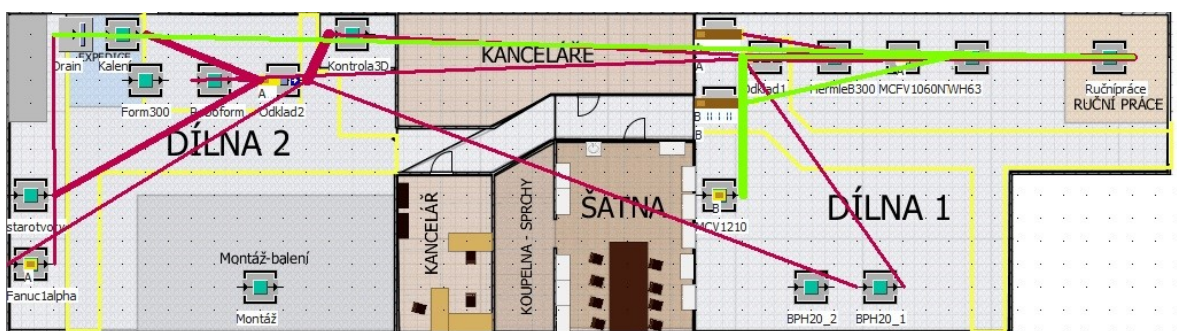


Obrázek 28 Sankeyův diagram – varianta 1 (Vlastní zpracování)

Na obrázku výše je Sankeyův diagram, který nám znázorňuje délku a intenzitu materiálového toku. Délka vyjadřuje vzdálenost přepravovaného množství a tloušťka objem přepravy za určité období, v tomto případě za rok.

Z diagramu je zřejmé, že mezi určitými operacemi je délka přesunu poměrně dlouhá, je to z důvodu, že výrobní hala je rozdělena do dvou dílen. Přestože se firma snažila svůj layout uspořádat co nejvýhodněji, jejich možnosti nejsou natolik ideální a po některých operacích, které se vykonávají na dílně 1, je zapotřebí přenést výrobek na dílnu dva, kde je prováděna 3D kontrola. Dále z diagramu vyplývá, že největší intenzita materiálového toku je na dílně 1, tahle skutečnost je zapříčiněna tím, že výrobky B a C jsou vyráběny pouze na téhle dílně, kdežto výrobek A putuje po obou dílnách.

Pro rozlišení toků jednotlivých výrobků, je níže uveden další Sankeyův diagram. Jelikož výrobky B a C mají totožnou délku i intenzitu, oba dva jsou zobrazeny stejnou barvou, a to zelenou. Výrobek A je zobrazen barvou fialovou.



Obrázek 29 Sankeyův diagram A, B, C – varianta 1 (Vlastní zpracování)

8 PODROBNÁ ANALÝZA STROJE MCFV 1060 NT

8.1 Charakteristika stroje

MCFV 1060 NT je vertikální obrábění centrum, které je konstruováno jako stavebnicový stroj pro komplexní obrábění plochých i skříňových součástí z oceli a slitin lehkých kovů upnutých na pracovním stole. Stroj MCFV 1060 NT umožňuje provádět frézovací, vrtací, vyvrtávací, vyztužovací a závitovací operace ve třech na sebe kolmých souřadných osách X, Y, Z.

Funkce stroje jsou řízeny CNC řídicím systémem HEIDENHAIN TNC 426 PB, který umožňuje obrábění i prostorově složitých tvarů, kdy nástroj sleduje dráhu vzniklou jako výstup z 3D CAD programu.



Obrázek 30 Stroj MCFV 1060 NT (Vlastní zpracování)

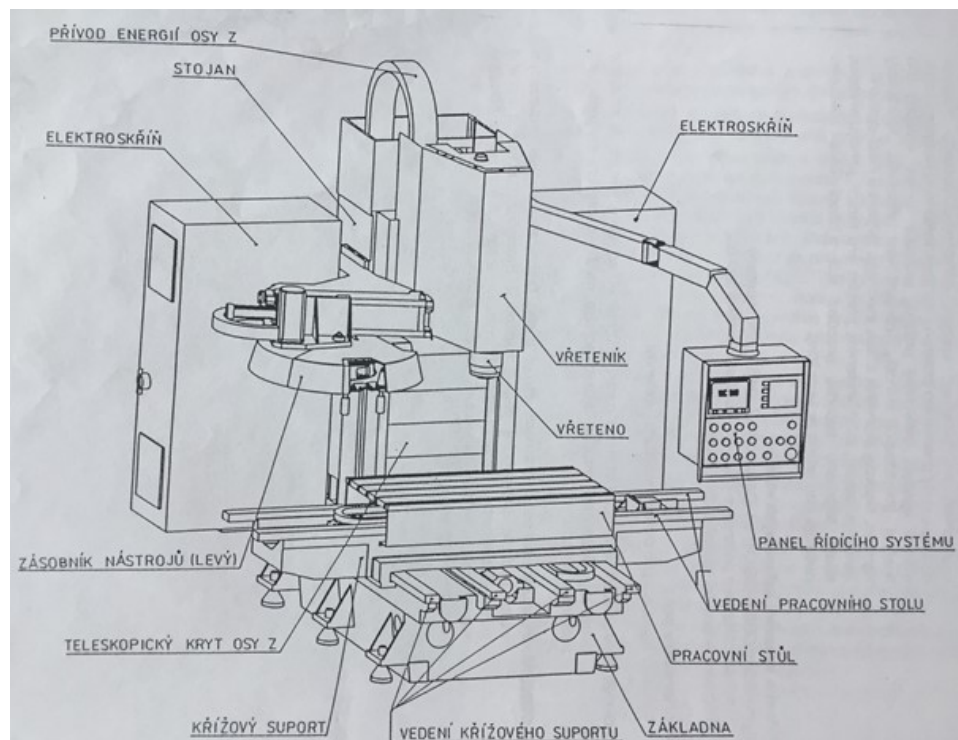
8.2 Technická data

Tabulka 5 Technická data (Vlastní zpracování)

Pracovní pojezd	
osa X - pracovní stůl	1 016 mm
osa Y - křížový support	610 mm
Osa Z - vřeteník	760 mm
Pracovní stůl	
Pracovní plocha	1 270 x 590 mm
Maximální zatížení	900 kg
Max. rozměry obrobku	1 016 x 590 x 410 mm
Přesnost	
Přesnost polohování v ose X, Y, Z	0,008 mm
Vřeteno	
Rozmach otáček - nižší řada	0 - 2 000 ot/min
- vyšší řada	2 001 - 8 000 ot/min
Typ převodu	dvou stupňová řemenová převodovka
Průměr vřetena v předním ložisku	80 mm
Upínací kužel nástroje	ISO 40
Polohování	elektronické
Zásobník nástrojů	
Nástrojový držák	40 typ A DIN 69 871-1 - A/AD
Upínací čep	40 typ A DIIN 69 872
Počet nástrojových kotoučů	jeden
Počet nástrojů v zásobníku / na stroji	24/24
Maximální průměr nástroje při plném obsazení zásobníku	90 mm
Maximální průměr nástroje při vynechání místa	160 mm
Maximální délka nástroje	300 mm
maximální hmotnost nástroje	8 kg
Max. hmotnost všech nástrojů v zásobníku	68 kg
Pohony	
Vřeteno - výkon trvale	11 kW
- max. kroutící moment	208 NM
Řídicí systém	HEIDENHAIN TNC 426 PB
Doplňkové údaje	
Půdorysná plocha stroje	2 750 x 2120 mm
Nejvyšší pracovní výška stroje	3 320 mm
Hmotnost stroje (bez nádrže chladící kapaliny)	6 700 kg
Hmotnost nádrže chladící kapaliny	210 kg
Hmotnost dopravníku třísek	760 kg



Obrázek 31 Zásobník nástrojů a nástrojový držák s upínacím čepem
(Vlastní zpracování)



Obrázek 32 Hlavní části stroje (Interní zdroj)

9 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ

9.1 Nový stroj

Pořízení nového stroje umožní zkrácení výrobního procesu. Díky němu bude možné provádět vícero operací na jednom stroji, čímž se stroje, které jsou potřebné pro další zakázky uvolní, tudíž bude možno vyrábět výrobky pro více zakázek současně.

Investice do nového stroje je potřebná i z důvodu zastarání současného stroje, je nepřesný, výrobky, které se na něm vyrábí nejsou tak kvalitní, jak firma požaduje.

9.1.1 Nabídky strojů

Na trhu je spousta dodavatelů daného typu stroje, proto se výběru vhodného stroje věnovala velká pozornost. Spolu s vedoucím výroby jsme probírali jednotlivé výhody a nevýhody daných nabídek. Ať už se jednalo o technické parametry, možnosti zapojení či reklamaci a údržbu. Mezi četnými nabídkami jsme vybrali tři hlavní kandidáty, které budou níže podrobněji popsány.

DMG MORI – DMC 1150 V

Vertikální obráběcí centrum 3. generace s jedinečnou konstrukcí – více výkonu, vyšší flexibilita. (Interní zdroj)



Obrázek 33 Stroj DMC 1150 V (Interní zdroj)

Uvedení stroje do provozu a předání stroje

Dodavatel se zavazuje vyslat jednoho svého specialistu na dobu nezbytně nutnou k uvedení stroje do provozu. Cestovní a pobytové náklady nese dodavatel. Zprovoznění stroje je dáno všeobecnými podmínkami výrobce stroje a provádí se dle standardu používaného výrobcem stroje. Servisní technik provádí při zprovoznění a předání stroje kontrolu splnění instalačních podmínek a kontrolu kompletnosti dodávky. Poté je stroj připojován odběratelem na elektrickou síť za přítomnosti specialisty dodavatele. Předání stroje odběrateli provádí jeden specialista dodavatele v návaznosti na jeho zprovoznění. (Interní zdroj)

Školení

Školení pracovníků zaměstnanců odběratele pro stroje výrobní haly řady DMG provádí dodavatel, doba školení činí 32 hodin v pracovní dny, v sídle dodavatele. Termín a rozvrh školení upřesňuje servisní oddělení dodavatele dle plánu školení. Vedlejší náklady spojené se školením u dodavatele, jako např. cestovní náklady, hotel a pobytové výlohy svých účastníků, nese odběratel. (Interní zdroj)

Servis

Pokud během záruční doby dle příslušných ustanovení smlouvy vznikne na dodaném stroji závada, zavazuje se dodavatel zahájit její odstranění na náklady dodavatele, a to během 48 hodin po obdržení písemného nahlášení zaslaného odběratelem na podepsaném formuláři. (Interní zdroj)

macmatic – VMC 1470

Vertikální vrtací a frézovací centrum.



Obrázek 34 Stroj VMC 1470 (Interní zdroj)

Uvedení stroje do provozu

Uvedení stroje do provozu provádění pracovníci společnosti macmatic s.r.o. Přivedení elektrické energie a technického vzduchu zajišťuje objednatel. Uvedení stroje do provozu je zahrnuto v ceně stroje. (Interní zdroj)

Školení

V rámci instalace stroje, se macmatic s.r.o. zavazuje ke proškolení pracovníků k příslušnému stroji. (Interní zdroj)

Servis

Společnost macmatic s.r.o. poskytuje ke každému stroji autorizovaný záruční a pozáruční servis vyškolenými servisními pracovníky. Součástí poskytovaných služeb je dodávka náhradních dílů. Servisní služby zajišťuje společnost macmatic s.r.o. na základě písemné objednávky. (Interní zdroj)

TAJMAC – ZPS – MCFV 1260

Vertikální obráběcí centrum MCFV 1260 je vysoce produktivní stroj pro komplexní třískové obrábění v osách X, Y, Z. Funkce stroje jsou řízeny CNC řídicím systémem, který umožňuje obrábění i prostorově složitých tvarů, kdy nástroj sleduje dráhu vzniklou jako výstup z 3D CAD programu. Vřetenové jednotce, které je uloženo ve vřetenové jednotce zabudované ve vřeteníku, se pohybuje ve vertikálním směru (osa Z) po vedení na stojanu. Pracovní stůl, jehož horní plocha slouží pro upnutí obrobku, se pohybuje v podélném směru (osa X) po vedení na křížovém suportu. Křížový suport se pohybuje po vedení na základně v příčném směru (osa Y). Stroj je vybaven elektronickou kompenzací teplotních dilatací. (Interní zdroj)



Obrázek 35 Stroj MCFV 1260 (Interní zdroj)

Instalace stroje

TAJMAC-ZPS, a.s. zajistí instalaci stroje v plném rozsahu na místě, kde bude zařízení pracovat. Instalace stroje představuje propojení všech funkčních celků po stránce mechanické, elektrické a vyvážení stroje. Uvedení do provozu zahrnuje oživení stroje – funkčních obvodů a celků, a dále představení stroje, seznámení a proškolení obsluhy stroje. Předání stroje bude spočívat v provedení funkčních zkoušek stroje. (Interní zdroj)

Zaškolení

TAJMAC-ZPS, a.s. zajistí zaškolení obsluhy stroje, údržby a programování v rozsahu 3 pracovních dnů ve výrobním závodě uchazeče. Školení bude obsahovat seznámení s programováním stroje, obsluhu stroje, údržbou a konstrukcí stroje. (Interní zdroj)

Servisní podmínky

TAJMAC-ZPS, a.s. se zavazuje nastoupit na záruční opravu v pracovní dny do 24 hod. od písemného nahlášení poruchy stroje s popisem závady, a to v případě, kdy je stroj mimo provoz. Záruční doba se prodlužuje o dobu, kdy bude stroj v době vyřizování oprávněně reklamace mimo provoz. Dále deklarují připravenost k poskytování pozáručního servisu po dobu životnosti předmětu plnění (min. 10 let). (Interní zdroj)

9.1.2 Odůvodnění výběru nejvhodnější alternativy

Tabulka 6 Rozhodující kritéria při výběru stroje (Vlastní zpracování)

	DMC 1150 V	VMC 1470	MCFV 1260
Technické parametry	Vyhovující parametry	Vyhovující parametry	Vyhovující parametry
Funkce	Nevyužití všech funkcí	Velmi dobré funkce	Odpovídající funkce
Cena	Příliš vysoká	Příznivá	Příznivá
Zapojení	Náklady hradí dodavatel i odběratel	Náklady hradí dodavatel	Náklady hradí dodavatel
Servis	Dobré služby	Velmi dobré služby	Dobré služby
Řídicí systém	HEIDENHAIN TNC 640	HEIDENHAIN iTNC 620	HEIDENHAIN iTNC 530

Při procházení jednotlivých nabídek, všechny stroje odpovídali požadavkům, které firma na nový stroj kladla. Tudíž výběr nebyl jednoduchý, ovšem v závěru se firma rozhodla pro zakoupení stroje od macmatic s.r.o.

Jedním z rozhodujících kritérií bylo, že stroj VMC 1470 disponuje stejným držákem i nástroji, jako ostatní stroje, které má firma ve vlastnictví. Což představuje velkou výhodu, neboť když se držák u jednoho ze strojů poškodí, nebude potřeba přerušit výrobu, dokud firma nebude mít k dispozici držák nový.

Jelikož stroj používá i stejné nástroje, firma bude mít i u svého dodavatele množstevní slevu na jejich nákup, čímž může firma ročně ušetřit slušné finanční částky.

Dalším rozhodujícím kritériem byl řídicí systém. HEIDENHAIN iTNC 620 zachovává komptabilitu se staršími typy TNC, jak po stránce programování, tak ovládání. Stroje ve firmě jsou vybaveny právě řídicím systémem HEIDENHAIN. Tudíž zaškolení pracovníků na nový stroj nebude velký problém. Ve výrobě má každý zaměstnanec svoji pozici a nedochází často k tomu, aby pracovník obsluhoval stroj jiný. Ovšem mohou nastat i situace, kdy změna pracovní pozice je nutná. Když jsou stroje vybaveny stejným řídicím systémem, pracovníci nemají velké problémy se změnou činnosti, neboť programování i obsluha stroje nevykazuje zásadní změny. Díky tomu není snížena produktivita, zaměstnanci nejsou vykazováni nátlaku a stresovým situacím v rámci změny pozice.

Firma má i zkušenosti se servisními službami HEIDEHAIN, které si velmi pochvaluje, a je s nimi naprosto spokojená. Při jakémkoliv problému, servisní technik do 24 hodin přijel a závadu co nejdříve odstranil, aby nebyla výroba na delší dobu přerušena.

9.1.3 Zapojení nového stroje

Než se daný stroj pořídí, je velmi důležité promyslet a naplánovat jeho zapojení, aby nedošlo k výraznému ohrožení výroby. Při pořízení nového stroje se musíme zamyslet i nad tím, co se bude dít se strojem, který má být nahrazen.

Likvidace současného stroje

Před zapojením nového stroje, bylo zapotřebí rozebrat možnosti likvidace současného stroje. Po konzultaci s vedoucím výroby jsme dospěli ke dvěma možnostem. První možností bylo ponechání stroje, neboť v současné době staví novou výrobní halu a daný stroj by se mohl ještě při výrobním procesu využít. Ovšem plánované dokončení výstavby

se v blízké budoucnosti neočekává, tudíž by byl stroj dlouhou dobu nevyužit, navíc stávající prostory neumožňují jeho umístění ve výrobě.

Jelikož je stroj plně funkční a spousta výrobních podniků o něj neustále jeví zájem, i přestože je stroj starší a na trhu jsou modernější a výkonnější modely, firma se rozhodla podat inzerát ohledně jeho prodeje. Na inzerát zareagovalo hodně zájemců, firma má na daný stroj kupce a jeho prodej i převoz je již domluven. Díky této možnosti firma obdrží i příslušnou finanční částku, kterou může použít k částečné úhradě stroje nového.

Zapojení

Jelikož firma vyrábí na zakázku, vedoucí výroby rozplánoval výrobu tak, aby během zapojení nového stroje nedošlo k omezení výroby. Během dané doby, se budou zpracovávat zakázky, které při svém výrobním procesu nevyžadují žádnou operaci na příslušném stroji. Díky plánovacímu softwaru, který zohledňuje datum splnění zakázek, není problém výrobu přizpůsobit odstávce daného stroje.

Samotné zapojení stroje provádí tým techniků od dodavatele. Ovšem nejdříve se musí starý stroj odvést. Transport obou strojů je naplánován v jeden den, kdy jeřáb odveze starý stroj, a poté přiveze nový. Potom může dojít k jeho zapojení. Dodavatel slibuje délku zapojení po dobu maximálně dvou pracovních dnů i se zaškolením pracovníků. Ovšem vedoucí výroby rozplánoval výrobu tak, aby počítal minimálně s týdenní odstávkou stroje.

9.1.4 Hodinová sazba stroje

Jelikož se prodejní cena výrobku skládá i z hodinové sazby stroje, bylo zapotřebí ji vypočítat. Nejprve jsem si musela zjistit roční vytíženost stroje, což představuje počet hodin, kdy je stroj v provozu. Dále jsem si musela obstarat údaje spojené s náklady na provoz stroje, jednotlivé položky jsou uvedeny v tabulce č. 8. Poté nebyl problém hodinovou sazbu stroje vypočítat, a to pouhým podílem těchto dvou hodnot.

Co se týče odpisů stroje, společnost se rozhodla stroj odepisovat po dobu pěti let. Jedná se o to, že při tříročním odpisování, by se sazba stroje kvůli odpisům zvedla, tím pádem by narostla i cena finálního produktu, což si společnost nepřeje, neboť chtějí být konkurence schopní a vyšší cena za výrobek by mohla zapříčinit přechod zákazníků právě ke konkurenčním firmám.

Tabulka 7 Roční vytiženost stroje (Vlastní zpracování)

ROČNÍ VYTIŽENOST STROJE	
Počet týdnů	50 dní
Počet pracovních dní v týdnu	5 dní
Počet hodin za den (dvousměnný provoz)	15 hodin
Počet hodin za rok	3 750 hodin

Tabulka 8 Náklady na provoz stroje (Vlastní zpracování)

NÁKLADY NA PROVOZ STOJE	
Mzdy	1 164 000 Kč
Spotřební materiál	730 000 Kč
Pronájem + energie	120 000 Kč
Režie THP	180 000 Kč
Roční odpis stroje	840 000 Kč
Náklady celkem	3 034 000 Kč

Tabulka 9 Hodinová sazba stroje (Vlastní zpracování)

HODINOVÁ SAZBA	
Náklady celkem	3 034 000 Kč
Počet hodin za rok	3 750 hodin
Hodinová sazba stroje	810 Kč/hod

10 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Společnost se na základě analýzy rozhodla pro koupi nového stroje. Jelikož jsem zpracovala simulaci výroby i s novým strojem, zlepšení se opravdu prokázalo. Jedná se především o to, že současný zastaralý stroj byl velmi pomalý, nedokázal provádět tolik operací, které při výrobě jejich prioritního výrobku bylo potřeba. Muselo se využívat vícero jiných strojních zařízení, a tím pádem byla průchodnost jednotlivých zakázek komplikovanější.

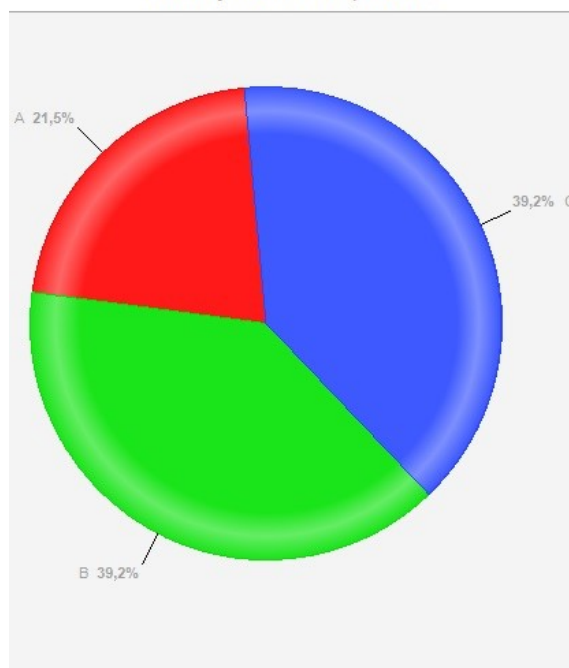
Pro porovnání výrobního procesu produktu A jsou v příloze P V technologické postupy i s procesními časy, jak při výrobě se zastaralým strojem, tak i novým.

V tabulce níže jsou uvedeny počty výrobků A, B a C, stejně jako ve variantě se starým strojem za jeden rok. Na jednotlivé počty výrobků jsem zpracovala i výsečový graf, který nám ukazuje jejich procentuální zastoupení.

Tabulka 10 Počet výrobků A, B, C – varianta 2 (Vlastní zpracování)

	string 0	integer 1
string	Vyrobek	Pocet
1	A	74
2	B	135
3	C	135

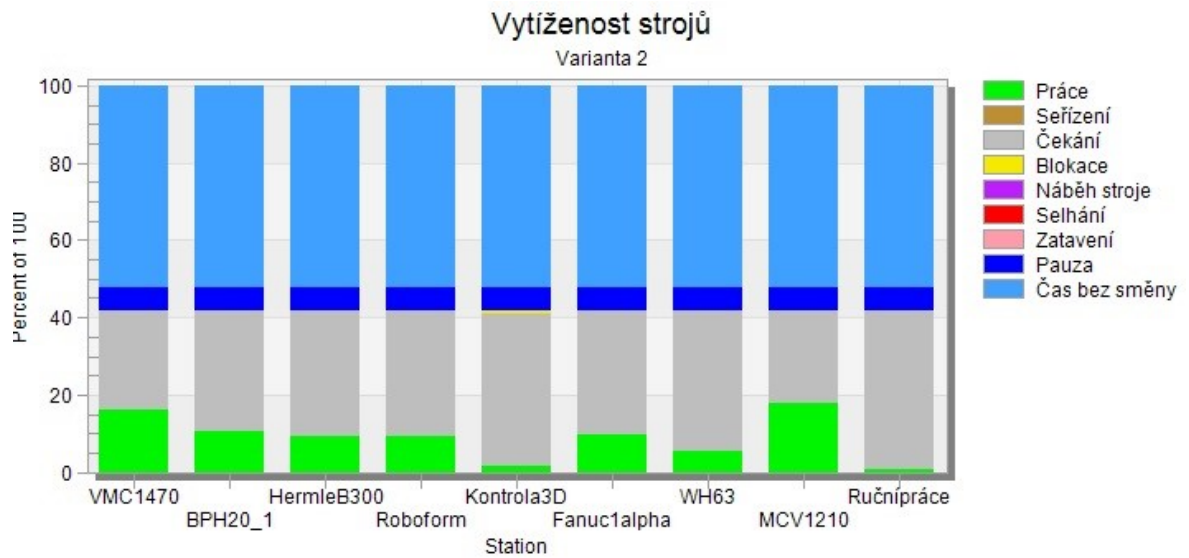
Podíl výrobků roční produkce



Obrázek 36 Podíl výrobků - varianta 2 (Vlastní zpracování)



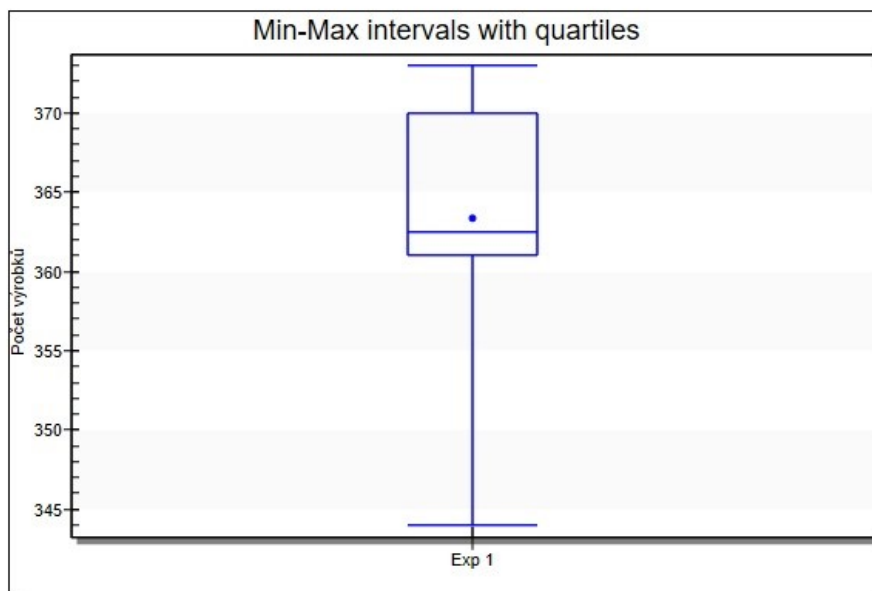
Obrázek 37 Plant Simulation – varianta 2 (Vlastní zpracování)



Obrázek 38 Vytíženost strojů – varianta 2 (Vlastní zpracování)

V situaci, kdy se stroj MCFV1060 NT, nahradí novým strojem, a to VMC1470, nejvíce vytíženým strojem se stává MCV1210. Je to zapříčiněno tím, že v předchozí situaci, stroj MCFV1060 NT nezvládl více operací a výrobek A musel být přesunut na stroj WH63, kde probíhalo vrtání hloubkových děr. Ovšem tento stroj byl potřebný i pro produkty B, C. Proto nebyla umožněna současná práce na výrobcích.

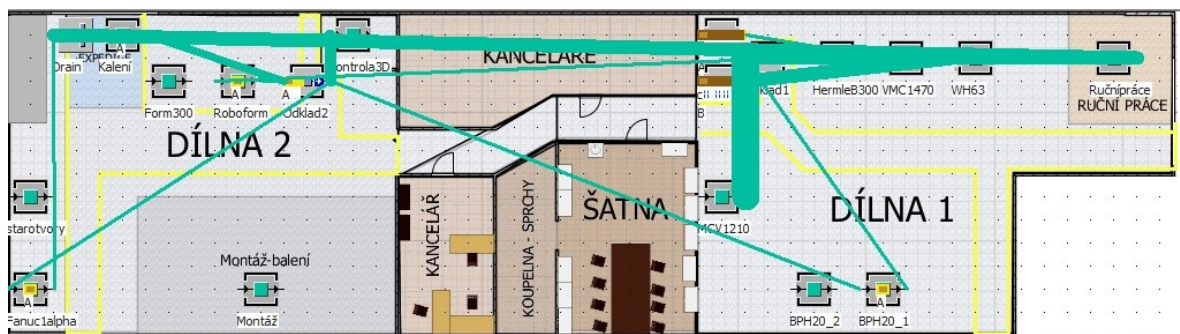
Evaluations of the output value 'Počet výrobků'



Experiment	Počet výrobků	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left interval bound	Right interval bound
Exp 1	363.333333333333	7.01885801367307	344	373	360.711731100941	365.954935565725

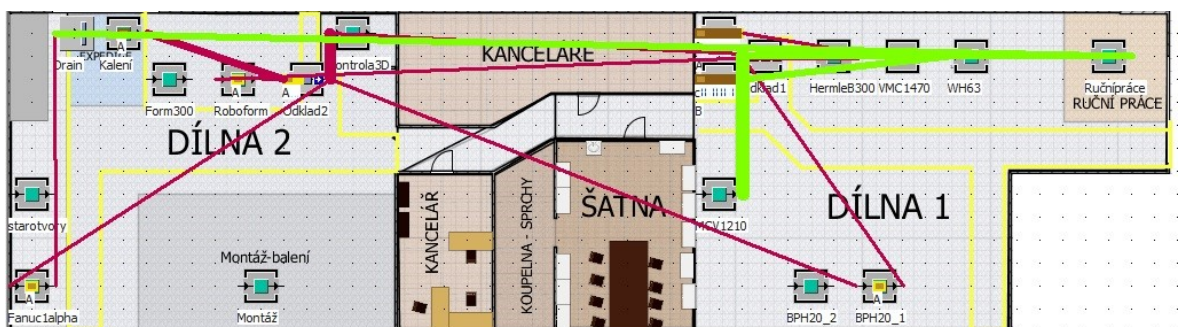
Obrázek 39 Boxplot – varianta 2 (Vlastní zpracování)

Stejně jako ve variantě 1, která byla zaměřena na stav se zastaralým strojem, jsem i nyní provedla v rámci simulace 30 experimentů. Simulace se spustila 30krát a vyhodnotila díky grafu Boxplot průměrný počet výrobků, minimální a maximální dosažený stav. Přičemž průměrný počet výrobků dosahuje hodnoty přibližně 364 výrobků roční produkce, minimum 344 a maximum 373 výrobků za rok.



Obrázek 40 Sankeyův diagram - varianta 2 (Vlastní zpracování)

Pro porovnání materiálových toků obou variant, jsem zpracovala i v tomto případě Sankeyův diagram. Můžete si povšimnout, že se diagram moc neliší, délka materiálového toku zůstává v rámci všech tří výrobků stejná, pouze tloušťka je větší, což je logicky zřejmé, neboť se počet výrobků za rok navýšil. Aby byly zřejmé i materiálové toky výrobků A, B, C zvlášť a porovnání tak bylo přehlednější, níže je uveden Sankeyův diagram s jednotlivými výrobky. Jako v předchozí variantě jsou odlišeny barevně, přičemž výrobek A má fialovou barvu, výrobky B a C jsou pod stejnou barvou, a to zelenou, poněvadž oba produkty mají materiálové toky stejné. Jestliže porovnáme diagramy obou variant, všimneme se, že u výrobku A se délka materiálového toku zmenšila, jelikož některé výrobní operace byly odstraněny. Šířka se nepatrně zvětšila, protože nárůst počtu výrobků není v tomto případě tak radikální, kdežto u výrobků B a C se množství výrobků navýšilo o více kusů a tloušťka materiálového toku je zřetelně širší. Délka zůstává stejná jako v předchozí variantě, nedošlo k žádné změně, co se týče výrobního procesu těchto dvou výrobků.



Obrázek 41 Sankeyův diagram A, B, C – varianta 2 (Vlastní zpracování)

11 DOBA NÁVRATNOSTI INVESTICE

Pro výpočet doby návratnosti investice bylo zapotřebí si zjistit u každého ze sledovaných produktů výrobní a prodejní cenu, čímž se zjistil zisk za každý výrobek. Poté díky zpracované simulaci jsem znala počty vyrobených kusů, jak u stavu se zastaralým strojem, tak s novým. Věděla jsem o kolik kusů výrobků společnost vyrobí víc a tuto sumu jsem společně se ziskem vynásobila. Tak jsem získala roční zisk za každý produkt a po sečtení jednotlivých položek jsem dostala celkový zisk za rok. Pro výpočet byla nutná i nákladová stránka, co se týče koupi nového stroje. Jednotlivé položky naleznete v tabulce č. 13. Podílem těchto dvou hodnot jsem získala dobu návratnosti, která v tomto případě činí 4,9 let. Což představuje dobu, za kterou peněžní příjmy z investice vyrovnají počáteční kapitálový výdaj na investici.

Je nutné podotknout, že se jedná o zakázkovou výrobu a v simulaci byly zohledněny právě tři produkty, a to A, B, C. Ovšem co se týče výrobního postupu i nákladové stránky ostatní produkty společnosti jsou téměř stejné, liší se pouze drobnými změnami v rámci výrobního procesu a nákladová stránka zůstává přibližně stejná.

Tabulka 11 Ceny a kusy produktů (Vlastní zpracování)

PRODUKT A	
Výrobní cena	59 000 Kč
Prodejní cena	83 200 Kč
PRODUKT B	
Výrobní cena	17 500 Kč
Prodejní cena	22 750 Kč
PRODUKT C	
Výrobní cena	17 000 Kč
Prodejní cena	22 100 Kč

Tabulka 12 Zisky z produktů A, B, C (Vlastní zpracování)

	PRODUKT A	PRODUKT B	PRODUKT C
Zisk za kus	24 200 Kč	5 250 Kč	5 100 Kč
Navýšení počtu výrobků za rok	10 ks	53 ks	53 ks
Zisk celkem	242 000 Kč	278 250 Kč	270 300 Kč

Tabulka 13 Cena stroje (Vlastní zpracování)

KUPNÍ CENA STROJE	
Kupní cena v základním provedení bez DPH	2 941 128 Kč
Volitelné příslušenství	934 822 Kč
Doprava stroje	0 Kč
Zapojení stroje	0 Kč
Zaškolení obsluhy po dobu 2. dnů	0 Kč
Cena celkem bez DPH	3 875 950 Kč

$$\text{Doba návratnosti} = \frac{3\,875\,950}{242\,000 + 278\,250 + 270\,300} = \frac{3\,875\,950}{790\,550} = 4,9 \text{ let}$$

ZÁVĚR

Bakalářská práce mne obohatila o řadu poznatků a zkušeností. Díky zpracování práce přímo ve výrobní společnosti jsem zdokonalila své znalosti četnými výrobními technologiemi. Dále jsem si osvojila různé metody a nástroje PI, které jsem v práci využívala. Komunikace s pracovníky byla pro mne taky velkým přínosem, neboť jsou to právě oni, kteří vědí vše o jednotlivých operacích v rámci výrobního procesu.

Zpracováním teoretické části jsem dostala do povědomí informace o nové průmyslové revoluci. Jelikož o konceptu Průmysl 4.0 jsem neměla mnoho znalostí, velmi mne získávání podrobných informací bavilo a hlavně zajímalo. Celkově jsem si udělala vlastní pohled na tuhle revoluci, jak ovlivní nejen oblast výrobního prostředí, ale celou společnost.

V praktické části jsem se zabývala analýzou výrobního prostředí s cílem nalézt nedostatky výrobního procesu a navrhnout na ně taková opatření, která povedou ke zlepšení. K provedení analýzy jsem využila několik nástrojů průmyslového inženýrství.

Nejprve jsem popsala výrobní proces vybraného výrobku, který je pro společnost prioritou, neboť představuje největší zisky a zakázky na něj se velmi často opakují. Procesní analýza mi umožnila vyjádřit posloupnost jednotlivých činností výrobního procesu. Spolu se špagetovým diagramem, který zaznamenal pohyby pracovníků s výrobkem při výrobním procesu, jsem dospěla k názoru, že dochází k plýtvání v rámci čekání a nadbytečného transportu při předání výrobku na následující operaci.

Pro detailní, a hlavně vizuálně efektivnější zobrazení výrobního procesu jsem vytvořila simulaci výroby v programu Plant Simulation. Díky simulaci jsem byla schopna vidět, které stroje jsou během procesu nejvíce vytížené, ale taky mi umožnila zjistit počet výrobků, které firma během nastaveného období vyrobí. Aby byla simulace obsáhlejší a nezaměřovala se pouze na jeden výrobek, rozhodla jsem se do ní zapojit i dva další, které představují takzvané zástupce zbylých produktů, neboť mají téměř stejný technologický postup, a co se týče nákladové stránky jsou totožné. Po vyhodnocení simulace jsem dospěla k názoru, že klíčovým problémem výrobního procesu je jeden ze strojů, který není jednak z důvodu zastarání tak přesný, jak by měl být, ale brání i průchodnosti zakázek. Jelikož mi tento problém přišel velmi podstatný, zpracovala jsem na daný stroj podrobnou analýzu.

Po provedení analýzy jsem navrhla opatření, přičemž jsem se zaměřila na koupi nového stroje. Uvedla jsem tři nabídky nových strojů. Každou z nich jsem podrobně popsala a konzultovala spolu s vedoucím výroby, poté jsem odůvodnila výběr nejvýhodnější. Rozhodujícími kritérii bylo spousta, ovšem mezi nejdůležitější patří samozřejmě cena, technické parametry, funkce, řídicí systém, servis, ale i možnosti zapojení. S koupí nového stroje souvisí i řada dalších okolností, jako likvidace starého stroje či možné přerušení výroby v rámci zapojení stroje nového, které jsou v práci taky popsány a zohledněny.

Pro vyhodnocení výsledků jsem opět vytvořila simulaci, která mi krásně ukázala rozdíl mezi stavem se strojem zastaralým a novým. Zjistila jsem, že nový stroj opravdu výrobní proces vylepší a průchodnost zakázek bude výrazně plynulejší.

Moje spolupráce s vybranou společností mi byla velkým přínosem, obohatili mne o četné znalosti, a především jsem mohla získané poznatky během studia uplatnit v praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace, 2014. Brno: Computer Press, 2 sv. (217; 241 s.). ISBN 978-80-251-3628-7.

BALGA, Bronislav, 2018. *SMART factory - inteligentní továrna* [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/tisk-a-media/aktuality/smart-factory-inteligentni-tovarna>

BARTODZIEJ, Christoph Jan, 2017. *The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*. Wiesbaden: Springer Gabler, xv, 150. BestMasters. ISBN 978-3-658-16501-7.

BENEŠ, Pavel, 2014. *Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky*. 5., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 304 s. ISBN 978-80-251-3747-5.

BURIAN, Pavel, 2014. *Internet inteligentních aktivit*. Praha: Grada, 332 s. Průvodce. ISBN 978-80-247-5137-5.

Člověk a stroj: metodická příručka, 2017. Praha: Sondy. ISBN 978-80-86809-21-2.

DUCHOSLAV, Petr, 2017. *Co je to kolaborativní robot? 5 věcí, které byste o něm měli vědět* [online]. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/co-je-to-kolaborativni-robot-5-veci-ktere-byste-o-nem-meli-vedet/>

CHMELARĚ, Aleš et al., 2015. *Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU* [online]. In: . OSTEU DISCUSSION PAPER, s. 18 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/analyzy-EU/Dopady-digitalizace-na-trh-prace-CR-a-EU.pdf>

IMAI, Masaaki, 2004. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press. ISBN 80-251-0461-3.

Iniciativa práce 4.0 [online], 2016. In: . Národní vzdělávací fond, o.p.s, s. 78 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: https://portal.mpsv.cz/sz/politikazamest/prace_4_0/studie_iniciativa_prace_4.0.pdf

INICIATIVA PRŮMYSL 4.0 [online], 2016. In: . Praha 1: Ministerstvo průmyslu a obchodu, s. 228 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.

MAŘÍK, Vladimír, 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 262 s. ISBN 978-80-7261-440-0.

MAŠÍN, Ivan, 2000. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 80-902235-6-7.

MIKULEC, Petr, 2009. *Metody průmyslového inženýrství a výrobní logistiky jako nástroje zvyšování výkonnosti v plastikářské výrobě*. Zlín. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta managementu a ekonomiky. Vedoucí práce Doc. PhDr. Ing. Aleš Gregar, CSc.

MIKULEC, Petr, 2011. *Metody průmyslového inženýrství a výrobní logistiky jako nástroje zvyšování výkonnosti v plastikářské výrobě*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 46 s. Teze disertační práce. ISBN 978-80-7454-055-4.

NOVÁKOVÁ, Denisa, 2015. *Průmysl 4.0: Chytré továrny? Vláda nesmí zaspát* [online]. Euroaktiv.cz [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <http://euractiv.cz/clanky/obchod-a-export/prumysl-40-nova-era-prumyslove-vyroby-012762/>

ODBOR 31300, 2016. Průmysl 4.0 má v Česku své místo. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha 1 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/prumysl-4-0-ma-v-cesku-sve-misto--176055/>

OSBORNE, Michael a Carl Benedikt FREY, 2015. *Technology at work: The Future of Innovation and Employment* [online]. In: . Citi GPS: Global Perspectives & Solutions, s. 107 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/Citi_GPS_Technology_Work.pdf

PIVNIČKA, PH.D., Ing. Michal, 2017. *Diskrétní simulace*. Zlín.

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy [online], [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/InPractice/International/EuropaeischeEbene/europaeischeEbene.html>

POSPÍŠIL, Aleš, 2016. *OECD: Automatizace ohrožuje každé desáté pracovní místo* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://finexpert.e15.cz/oced-automatizace-ohrozuje-kazde-desate-pracovni-misto>

STELLNER, František, 2006. *Hospodářské dějiny (16.-20. století)*. V Praze: Oeconomica, 139 s. ISBN 80-245-1141-X. Dostupné také z: http://katalog.k.utb.cz/F/?func=service&doc_library=UTB01&doc_number=000033523&line_number=0002&func_code=WEB-BRIEF&service_type=MEDIA

Svaz průmyslu ČR spolu s partnery založil Národní centrum průmyslu 4.0 [online], 2017. BusinessInfo.cz, 2017 [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/svaz-prumyslu-cr-spolu-s-partnery-zalozil-narodni-centrum-prumyslu-40-95708.html>

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2017. *Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional Publishing, 200 s. ISBN 978-80-906594-4-5.

WEBEL, Sebastian, 2016. *Industrie 4.0": Seven Facts to Know about the Future of Manufacturing*. Siemens [online]. Munich: Sebastian Webel [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factory-trends-industrie-4-0.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CPS	Kyberneticko-fyzikální systémy (Cyber - physical systems)
IaaS	Infrastruktura jako služba
IoE	Internet všeho (Internet of Everything)
IoP	Internet lidí (Internet of People)
IoS	Internet služeb (Internet of Services)
IoT	Internet věcí (Internet of Things)
NCP 4.0	Národní centrum průmyslu 4.0
PaaS	Platforma jako služba
RFID	Identifikace na rádiové frekvenci (Radio Frequency Identification)
SaaS	Software jako služba

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1</i> Vývojové etapy průmyslové revoluce.....	14
<i>Obrázek 2</i> Porovnání současné a budoucí výroby ve Smart Factory	19
<i>Obrázek 3</i> Zapojení Embedded systems v IoT, IoS a Big Data	20
<i>Obrázek 4</i> Porovnání technologií pro elektronický přenos informací.....	20
<i>Obrázek 5</i> Schéma RFID technologie	21
<i>Obrázek 6</i> IoT, IoP a IoS	22
<i>Obrázek 7</i> Index připravenosti na Industry 4.0.....	26
<i>Obrázek 8</i> Stavební kameny štíhlého.....	37
<i>Obrázek 9</i> Výrobní portfolio	42
<i>Obrázek 10</i> CNC obrábění.....	44
<i>Obrázek 11</i> Vrtání hlubokých děr.....	44
<i>Obrázek 12</i> Pracoviště ručních prací	45
<i>Obrázek 13</i> 3D kontrola.....	46
<i>Obrázek 14</i> 3D kontrola.....	46
<i>Obrázek 15</i> Bruska na plocho	47
<i>Obrázek 16</i> CNC obrábění.....	47
<i>Obrázek 17</i> Hloubení	48
<i>Obrázek 18</i> Startovacích otvory	49
<i>Obrázek 19</i> Proces drátování	49
<i>Obrázek 20</i> Drátovka	49
<i>Obrázek 23</i> Layout.....	50
<i>Obrázek 24</i> Layout 3D.....	50
<i>Obrázek 25</i> Špagetový diagram	51
<i>Obrázek 26</i> Plant Simulation – varianta 1	54
<i>Obrázek 27</i> Podíl výrobků - varianta 1	55
<i>Obrázek 28</i> Vytíženost strojů – varianta 1.....	56
<i>Obrázek 29</i> Boxplot – varianta 1	56
<i>Obrázek 30</i> Sankeyův diagram – varianta 1	57
<i>Obrázek 31</i> Sankeyův diagram A, B, C – varianta 1	57
<i>Obrázek 32</i> Stroj MCFV 1060 NT	58
<i>Obrázek 33</i> Zásobník nástrojů a nástrojový držák s upínacím čepem.....	60
<i>Obrázek 34</i> Hlavní části stroje.....	60

<i>Obrázek 35</i> Stroj DMC 1150 V	61
<i>Obrázek 36</i> Stroj VMC 1470	62
<i>Obrázek 37</i> Stroj MCFV 1260.....	63
<i>Obrázek 38</i> Podíl výrobků - varianta 2	68
<i>Obrázek 39</i> Plant Simulation – varianta 2	69
<i>Obrázek 40</i> Vytíženost strojů – varianta 2.....	70
<i>Obrázek 41</i> Boxplot – varianta 2	70
<i>Obrázek 43</i> Sankeyův diagram - varianta 2.....	71
<i>Obrázek 42</i> Sankeyův diagram A, B, C – varianta 2.....	71

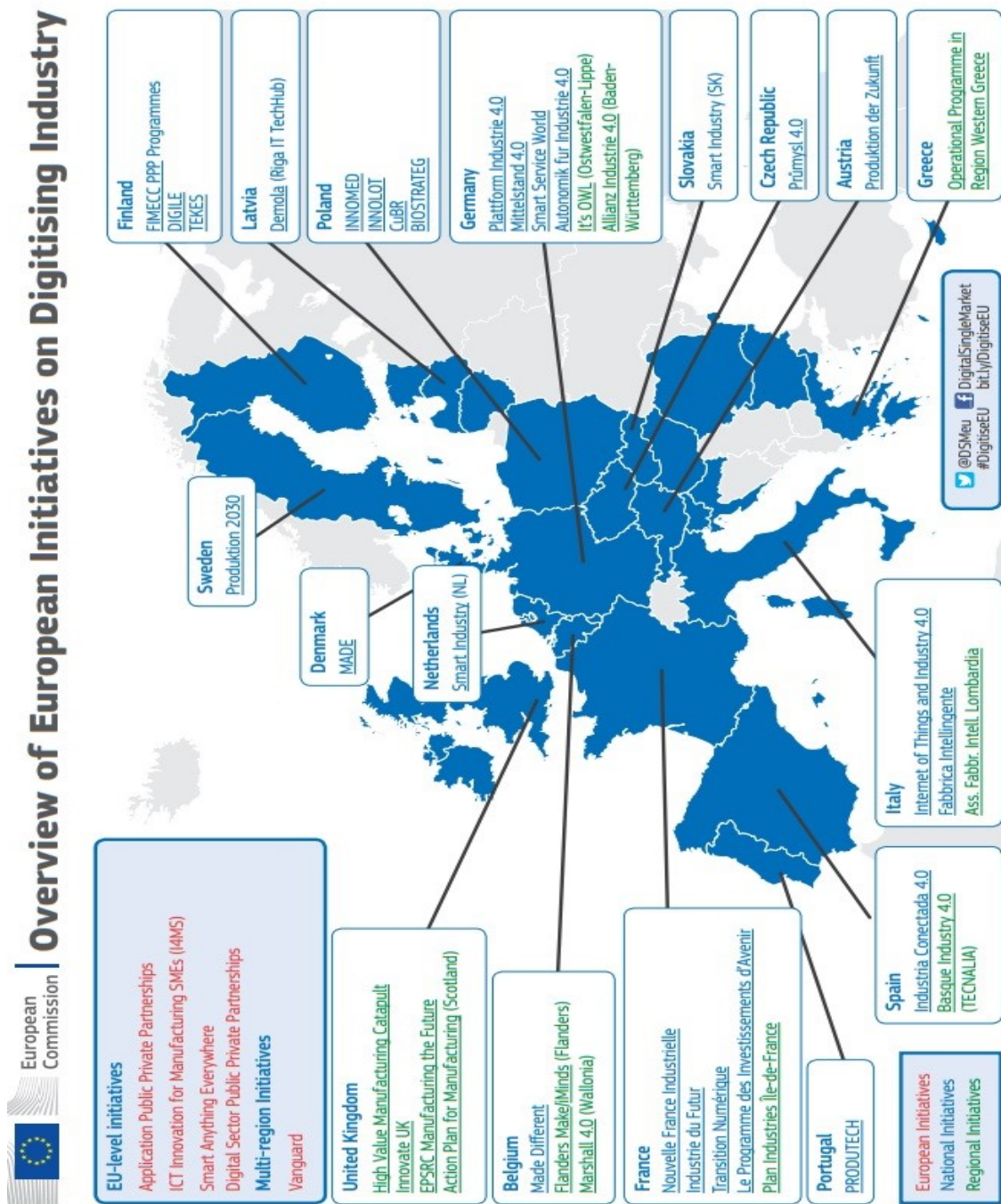
SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1</i> Výhody a nevýhody simulace.....	39
<i>Tabulka 2</i> Výrobní proces.....	43
<i>Tabulka 3</i> Procesní analýza	52
<i>Tabulka 4</i> Počet výrobků A, B, C – varianta 1	55
<i>Tabulka 5</i> Technická data	59
<i>Tabulka 6</i> Rozhodující kritéria při výběru stroje.....	64
<i>Tabulka 7</i> Roční vytíženost stroje	67
<i>Tabulka 8</i> Náklady na provoz stroje	67
<i>Tabulka 9</i> Hodinová sazba stroje.....	67
<i>Tabulka 10</i> Počet výrobků A, B, C – varianta 2	68
<i>Tabulka 11</i> Ceny a kusy produktů	72
<i>Tabulka 12</i> Zisky z produktů A, B, C.....	73
<i>Tabulka 13</i> Cena stroje	73

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha P I: Iniciativy Industry 4.0 napříč Evropou
- Příloha P II: podíl ohrožení zaměstnání v důsledku digitalizace v zemích EU
- Příloha P III: Dvacet profesí s největším indexem ohrožení digitalizací
- Příloha P IV: Dvacet profesí s nejnižším indexem ohrožení digitalizací
- Příloha P V: Technologické postupy s procesními časy výrobku A

PŘÍLOHA P I: INICIATIVY INDUSTRY 4.0 NAPŘÍČ EVROPOU



Zdroj: PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, ©2018

**PŘÍLOHA P II: PODÍL OHROŽENÍ ZAMĚSTNÁNÍ V DŮSLEDKU
DIGITALIZACE V ZEMÍCH EU**

Země	Ohrožení
Belgie	50 %
Bulharsko	57 %
Česká republika	54 %
Dánsko	50 %
Estonsko	54 %
Finsko	51 %
Francie	50 %
Chorvatsko	58 %
Irsko	49 %
Itálie	56 %
Litva	51 %
Lotyšsko	52 %
Lucembursko	50 %
Maďarsko	55 %
Malta	51 %
Německo	51 %
Nizozemsko	49 %
Polsko	56 %
Portugalsko	59 %
Rakousko	54 %
Rumunsko	62 %
Řecko	56 %
Slovensko	55 %
Slovinsko	53 %
Španělsko	55 %
Švédsko	47 %
Velká Británie	47 %

Zdroj: Frey, Osborne, ©2015

PŘÍLOHA P III: DVACET PROFESÍ S NEJVĚTŠÍM INDEXEM OHROŽENÍ DIGITALIZACÍ

ISCO-3 Kód	Název profese	Index ohrožení digitalizací
431	Úředníci pro zpracování číselných údajů	0,98
411	Všeobecní administrativní pracovníci	0,98
832	Řidiči motocyklů a automobilů (kromě nákladních)	0,98
523	Pokladníci a prodavači vstupenek a jízdenek	0,97
621	Kvalifikovaní pracovníci v lesnictví a příbuzných oblastech	0,97
722	Kováři, nástrojáři a příbuzní pracovníci	0,97
441	Ostatní úředníci	0,96
412	Sekretáři (všeobecní)	0,96
834	Obsluha pojízdných zařízení	0,96
612	Chovatelé zvířat pro trh	0,95
921	Pomocní pracovníci v zemědělství, lesnictví a rybnářství	0,95
811	Obsluha zařízení na těžbu a zpracování nerostných surovin	0,94
814	Obsluha strojů na výrobu a zpracování výrobků z pryže, plastu a papíru	0,94
432	Úředníci v logistice	0,94
821	Montážní dělníci výrobků a zařízení	0,93
816	Obsluha strojů na výrobu potravin a příbuzných výrobků	0,93
961	Pracovníci s odpady	0,93
421	Pokladníci ve finančních institucích, bookmakeři, půjčovatelé peněz, inkasisté pohledávek a pracovníci v příbuzných oborech	0,93
831	Strojvedoucí a pracovníci zabezpečující sestavování a jízdu vlaků	0,92
818	Ostatní obsluha stacionárních strojů a zařízení	0,92

Zdroj: Chmelař et al., ©2015

PŘÍLOHA P IV: DVACET PROFESÍ S NEJNIŽŠÍM INDEXEM OHROŽENÍ DIGITALIZACÍ

ISCO-3 Kód	Název profese	Index ohrožení digitalizací
142	Řídící pracovníci v maloobchodě a velkoobchodě	0,000
221	Lékaři (kromě zubních lékařů)	0,001
222	Všeobecné sestry a porodní asistentky se specializací	0,002
134	Řídící pracovníci v oblasti vzdělávání, zdravotnictví, v sociálních a jiných oblastech	0,002
122	Řídící pracovníci v oblastech obchodu, marketingu, výzkumu, vývoje, reklamy a styku s veřejností	0,005
231	Učitelé na vysokých a vyšších odborných školách	0,008
133	Řídící pracovníci v oblasti informačních a komunikačních technologií	0,008
141	Řídící pracovníci v oblasti ubytovacích a stravovacích služeb	0,010
131	Řídící pracovníci v zemědělství, lesnictví, rybářství a v oblasti životního prostředí	0,011
226	Ostatní specialisté v oblasti zdravotnictví	0,011
215	Specialisté v oblasti elektrotechniky, elektroniky a elektronických komunikací	0,015
252	Specialisté v oblasti databází a počítačových sítí	0,021
143	Ostatní řídicí pracovníci	0,021
312	Mistři a příbuzní pracovníci v oblasti těžby, výroby a stavebnictví	0,022
214	Specialisté ve výrobě, stavebnictví a příbuzných oborech	0,044
111	Zákonodárci a nejvyšší úředníci veřejné správy, politických a zájmových organizací	0,048
213	Specialisté v biologických a příbuzných oborech	0,050
263	Specialisté v oblasti sociální, církevní a v příbuzných oblastech	0,054
132	Řídící pracovníci v průmyslové výrobě, těžbě, stavebnictví, dopravě a v příbuzných oborech	0,054
242	Specialisté v oblasti strategie a personálního řízení	0,056
264	Spisovatelé, novináři a jazykovědci	0,058

Zdroj: Chmelař et al., ©2015

PŘÍLOHA P V: TECHNOLOGICKÉ POSTUPY S PROCESNÍMI ČASY VÝROBKU A

Varianta 1

	object 1	time 2
string	Stroj	Procesní_čas
1	MCFV 1060NT	5:00:00.0000
2	WH63	5:00:00.0000
3	MCFV 1060NT	12:00:00.0000
4	Ručnípráce	1:00:00.0000
5	Kontrola3D	45:00.0000
6	Kalení	4:00:00:00.0000
7	BPH20_1	11:20:00.0000
8	HermleB300	10:00:00.0000
9	Roboform	10:00:00.0000
10	Kontrola3D	45:00.0000
11	starotvory	1:00:00.0000
12	FANUC1alpha	11:20:00.0000
13	Kontrola3D	2:00:00.0000

Varianta 2

	object 1	time 2
string	Stroj	Procesní_čas
1	VMC 1470	16:40:00.0000
2	Kontrola3D	45:00.0000
3	Kalení	4:00:00:00.0000
4	BPH20_1	11:20:00.0000
5	HermleB300	10:00:00.0000
6	Roboform	10:00:00.0000
7	Kontrola3D	45:00.0000
8	FANUC1alpha	11:20:00.0000
9	Kontrola3D	2:00:00.0000